

## ประกาศกรมควบคุมมลพิษ

เรื่อง เกณฑ์การออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสีย และระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดให้มีการกำหนดหลักเกณฑ์ทางวิชาการเกี่ยวกับการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสีย และระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน เพื่อให้หน่วยงานของรัฐ และภาคเอกชนรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสีย และระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบสำหรับการจัดการน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความเหมาะสมต่อไป

กรมควบคุมมลพิษในฐานะหน่วยงานที่มีภารกิจเกี่ยวกับการกำกับ ดูแล อำนวยการ ประสานงาน ติดตาม และประเมินผลเกี่ยวกับการฟื้นฟู คุ้มครอง และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม จึงออกประกาศไว้ ดังรายละเอียดที่กำหนดไว้ในภาคผนวกท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๕ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๓

สุวัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา

อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ

ภาคผนวก

ท้ายประกาศกรมควบคุมมลพิษ

เรื่อง เกณฑ์การออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสีย

และระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน

# สารบัญ

|  |    |
|--|----|
| บทที่ 1 บทนำ.....  | 1  |
| บทที่ 2 ขั้นตอนและปัจจัยสำคัญต่อการออกแบบ .....                      | 3  |
| 2.1 ขั้นตอนการดำเนินการ .....  | 3  |
| 2.1.1 แผนหลัก (master plan).....                                     | 3  |
| 2.1.2 การศึกษาความเหมาะสม (feasibility study).....                   | 3  |
| 2.1.3 การออกแบบรายละเอียด (detailed design).....                     | 5  |
| 2.1.4 การก่อสร้าง (construction) .....                               | 5  |
| 2.1.5 การดำเนินการ (operation).....                                  | 5  |
| 2.2 รายงานการศึกษาความเหมาะสมของโครงการ .....                        | 5  |
| 2.3 การสำรวจและเก็บข้อมูล .....                                      | 8  |
| 2.3.1 สภาพพื้นที่ของโครงการ.....                                     | 8  |
| 2.3.2 แผนพัฒนาชุมชน .....  | 8  |
| 2.3.3 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง .....                                      | 9  |
| 2.3.4 ข้อมูลด้านการเงินและงบประมาณ.....                              | 9  |
| 2.3.5 ข้อมูลของระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเดิม.....     | 10 |
| 2.3.6 ข้อมูลประชากร .....  | 10 |
| 2.3.7 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ.....                                     | 10 |
| 2.3.8 ข้อมูลฝน.....  | 10 |
| 2.3.9 ข้อมูลลักษณะน้ำเสีย.....                                       | 10 |
| 2.3.10 ข้อมูลที่ตั้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ.....                     | 10 |
| 2.3.11 ค่ากำหนดการออกแบบในทางวิศวกรรม.....                           | 11 |
| 2.4 ปีเป้าหมาย (target year หรือ design year).....                   | 11 |
| 2.4.1 การกำหนดปีเป้าหมาย .....                                       | 11 |
| 2.4.2 การแบ่งช่วงการขยายระบบ .....                                   | 12 |
| 2.5 พื้นที่บริการ (service area).....                                | 12 |
| 2.6 ข้อพิจารณาเบื้องต้นในการเลือกที่ตั้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ..... | 12 |
| 2.7 การคาดการณ์จำนวนประชากร .....                                    | 14 |
| 2.7.1 วิธีโตแบบเลขคณิต .....   | 15 |
| 2.7.2 วิธีโตแบบเรขาคณิต.....   | 15 |
| 2.7.3 วิธีโตแบบชลอตัวหรือแบบอัตราที่ลดลง.....                        | 15 |
| 2.7.4 วิธีโตแบบเส้นโค้งรูปเอส .....                                  | 16 |
| 2.7.5 วิธีเปรียบเทียบ .....  | 16 |
| 2.7.6 วิธีเทียบสัดส่วน.....  | 16 |
| 2.8 อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย.....  | 16 |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.9 อัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ย .....                                 | 17        |
| 2.10 อัตราน้ำรั่วซึม/น้ำไหลเข้าท่อ (infiltration/inflow, I/I) ..... | 17        |
| 2.11 อัตราไหลน้ำเสีย .....  | 17        |
| 2.11.1 อัตราไหลรายวันเฉลี่ย .....                                   | 18        |
| 2.11.2 อัตราไหลรายวันสูงสุด .....                                   | 18        |
| 2.11.3 อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด .....                               | 18        |
| 2.11.4 อัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุด .....                               | 19        |
| 2.12 ลักษณะน้ำเสียชุมชน .....                                       | 19        |
| 2.13 มาตรฐานน้ำทิ้ง .....   | 20        |
| 2.14 การเลือกแนวทางที่เหมาะสม .....                                 | 22        |
| <b>บทที่ 3 ระบบรวบรวมน้ำเสียชุมชนและระบบระบายน้ำฝน .....</b>        | <b>23</b> |
| 3.1 ประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย .....                                | 23        |
| 3.1.1 ระบบท่อระบายรวม (combined sewer system) .....                 | 23        |
| 3.1.2 ระบบท่อระบายแยก (separate sewer system) .....                 | 23        |
| 3.2 ข้อพิจารณาในการเลือกประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย .....            | 25        |
| 3.2.1 สภาพของชุมชน .....  | 25        |
| 3.2.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม .....                                   | 25        |
| 3.2.3 งบประมาณการลงทุน .....  | 25        |
| 3.2.4 ความเข้าใจของประชาชน .....                                    | 25        |
| 3.2.5 ความเร็วการไหลในท่อ .....                                     | 25        |
| 3.2.6 ความยากง่ายในการควบคุมระบบ .....                              | 26        |
| 3.2.7 การวางแผนผังเมือง .....                                       | 26        |
| 3.3 องค์ประกอบของระบบรวบรวมน้ำเสีย .....                            | 26        |
| 3.3.1 ท่อ .....   | 26        |
| 3.3.2 บ่อผันน้ำเสีย .....   | 27        |
| 3.3.3 สถานีสูบน้ำเสีย .....   | 27        |
| 3.3.4 บ่อตรวจ (manhole) .....                                       | 27        |
| 3.3.5 หลุมรับน้ำ (catch basin) .....                                | 27        |
| 3.3.6 ทางน้ำเข้าข้างถนน (street inlet) .....                        | 28        |
| 3.3.7 ท่อระบายลอด (depressed sewer) .....                           | 28        |
| 3.3.8 จุดระบายทิ้ง (outfall) .....                                  | 28        |
| 3.3.9 บ่อตรวจโครก (flushing manhole) .....                          | 28        |
| 3.4 อัตราไหลออกแบบ .....  | 28        |
| 3.4.1 ท่อน้ำเสีย .....  | 28        |
| 3.4.2 ท่อระบายรวม (ก่อนบ่อผันน้ำเสีย) .....                         | 28        |
| 3.4.3 ท่อดักน้ำเสีย .....   | 29        |

|                |  |           |
|----------------|--|-----------|
| 3.4.4          | ท่อระบายน้ำฝน.....   | 29        |
| 3.5            | อัตราไหลน้ำท่าสูงสุด.....                                  | 29        |
| 3.5.1          | สัมประสิทธิ์น้ำท่า.....                                    | 31        |
| 3.5.2          | พื้นที่ระบายน้ำ.....                                       | 31        |
| 3.5.3          | ความเข้มฝน.....  | 31        |
| 3.5.4          | คาบอุบัติฝน (return period).....                           | 33        |
| 3.5.5          | เวลารวมตัวของน้ำท่า (time of concentration; $t_c$ ).....   | 34        |
| 3.6            | สมการในการออกแบบท่อ .....                                  | 36        |
| 3.6.1          | การไหลในรางเปิด (open-channel flow).....                   | 36        |
| 3.6.2          | การไหลในท่อหลักความดัน .....                               | 37        |
| 3.7            | การจัดผังระบบท่อ .....                                     | 37        |
| 3.8            | ความเร็วต่ำสุด .....                                       | 40        |
| 3.9            | ความเร็วสูงสุด .....                                       | 41        |
| 3.10           | ขนาดท่อเล็กที่สุด .....                                    | 41        |
| 3.11           | ระดับน้ำในท่อ .....  | 41        |
| 3.12           | ความลาดของท่อ.....   | 41        |
| 3.13           | ความลึกต่ำสุด.....   | 42        |
| 3.14           | ความลึกสูงสุด.....   | 42        |
| 3.15           | ท่อหลักความดัน (force main).....                           | 43        |
| 3.16           | บ่อตรวจ.....   | 43        |
| 3.16.1         | ตำแหน่งของบ่อตรวจ.....                                     | 43        |
| 3.16.2         | รูปร่างและขนาดของบ่อตรวจ .....                             | 43        |
| 3.16.3         | บันไดในบ่อตรวจ .....                                       | 44        |
| 3.16.4         | ฝาปิดของบ่อตรวจ.....                                       | 44        |
| 3.17           | บ่อตรวจแบบลดระดับ (drop manhole).....                      | 44        |
| 3.18           | ทางน้ำเข้าข้างถนน.....                                     | 45        |
| 3.19           | บ่อผันน้ำเสีย (combined sewer overflow, CSOs) .....        | 45        |
| 3.20           | ท่อลอด (depressed sewer).....                              | 45        |
| <b>บทที่ 4</b> | <b>ระบบรวบรวมน้ำเสียชุมชนและระบบระบายน้ำฝน .....</b>       | <b>46</b> |
| 4.1            | ประเภทของสถานีสูบ.....                                     | 46        |
| 4.2            | รายการข้อมูลที่ต้องการสำหรับการออกแบบสถานีสูบน้ำเสีย ..... | 47        |
| 4.3            | ที่ตั้งของสถานีสูบน้ำเสีย.....                             | 48        |
| 4.4            | การดักและกำจัดขยะ.....                                     | 48        |
| 4.5            | ข้อพิจารณาโดยทั่วไปในการออกแบบสถานีสูบน้ำเสีย.....         | 49        |
| 4.6            | สถานีสูบบแบบบ่อแห้ง/บ่อเปียก .....                         | 50        |
| 4.6.1          | บ่อเปียก.....  | 50        |

|                |   |           |
|----------------|---|-----------|
| 4.6.2          | บ่อแห้ง.....  | 50        |
| 4.6.3          | ท่อดูดและท่อจ่าย .....  | 51        |
| 4.7            | สถานีสูบน้ำเสียแบบบ่อเปือก.....                               | 52        |
| 4.8            | ปริมาตรของบ่อเปือก .....                                      | 53        |
| 4.8.1          | การหาปริมาตรต่ำสุดของบ่อเปือก.....                            | 53        |
| 4.8.2          | ข้อพิจารณาในการหาปริมาตรต่ำสุดของบ่อเปือก.....                | 54        |
| 4.9            | แควิเตชัน (cavitation).....                                   | 55        |
| 4.10           | อุปกรณ์ควบคุม.....  | 56        |
| 4.10.1         | อุปกรณ์ควบคุมการเดินและตัดเครื่องสูบ .....                    | 56        |
| 4.11           | การป้องกันกลิ่นและระบายอากาศ .....                            | 57        |
| <b>บทที่ 5</b> | <b>โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน.....</b>                      | <b>58</b> |
| 5.1            | ประเภทของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ.....                      | 58        |
| 5.1.1          | การบำบัดขั้นเตรียมการ.....                                    | 58        |
| 5.1.2          | การบำบัดขั้นต้น.....  | 59        |
| 5.1.3          | การบำบัดขั้นสอง.....  | 59        |
| 5.1.3.1        | แอโรบิก (aerobic).....  | 60        |
| 5.1.4          | การฆ่าเชื้อ .....   | 60        |
| 5.1.5          | การบำบัดขั้นสูง.....  | 61        |
| 5.1.6          | การนำน้ำทิ้งไปใช้เพื่อการเกษตรกรรม.....                       | 61        |
| 5.1.7          | การบำบัดและกำจัดสลัดจ์.....                                   | 61        |
| 5.2            | หัวข้อพิจารณาในการเลือกกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ.....        | 62        |
| 5.2.1          | ประสบการณ์ในอดีต.....   | 62        |
| 5.2.2          | ลักษณะน้ำเสียและคุณภาพน้ำทิ้งที่ต้องการ.....                  | 63        |
| 5.2.3          | ราคาที่ดิน.....   | 63        |
| 5.2.4          | สภาพท้องถิ่น.....   | 63        |
| 5.2.5          | งบประมาณ.....   | 64        |
| 5.3            | กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมกับชุมชนของประเทศไทย..... | 64        |
| 5.3.1          | ระบบบ่อปรับเสถียร.....  | 65        |
| 5.3.2          | ระบบสระเติมอากาศ.....   | 65        |
| 5.3.3          | ระบบเอเอส .....   | 68        |
| 5.4            | อัตราไหลออกแบบ.....   | 69        |
| 5.5            | ลักษณะน้ำเสียชุมชน.....                                       | 69        |
| 5.6            | มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง .....                                    | 69        |
| 5.7            | ขนาดของหน่วยกระบวนการบำบัด.....                               | 69        |
| 5.8            | ปัจจัยอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการออกแบบ.....                       | 70        |
| 5.8.1          | ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน .....  | 70        |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.8.2 ระบบประปา.....  | 70        |
| 5.8.3 อาคารสนับสนุน .....                                     | 70        |
| 5.9 การวางผังบริเวณ (layout) .....                            | 70        |
| 5.9.1 องค์ประกอบหลักของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ.....              | 70        |
| 5.9.2 ข้อพิจารณาสำหรับการวางผังบริเวณ .....                   | 70        |
| 5.10 ดุลยภาพมวล (mass balance).....                           | 72        |
| <b>บทที่ 6 การบำบัดขั้นเตรียมการ.....</b>                     | <b>73</b> |
| 6.1 ตะแกรงราง (bar rack).....                                 | 73        |
| 6.1.1 ค่ากำหนดการออกแบบ .....                                 | 74        |
| 6.1.2 ข้อพิจารณาในการออกแบบ .....                             | 74        |
| 6.2 เครื่องบดตัดขยะ .....                                     | 75        |
| 6.3 ถังดักกรวดทราย.....                                       | 75        |
| 6.3.1 ข้อพิจารณาทั่วไปในการออกแบบถังดักกรวดทราย .....         | 76        |
| 6.3.2 ถังดักกรวดทรายแบบเติมอากาศ .....                        | 77        |
| 6.3.3 ถังดักกรวดทรายแบบน้ำไหลแนวนอนในรางสี่เหลี่ยมผืนผ้า..... | 77        |
| 6.3.4 ปริมาณและลักษณะของกรวดทราย .....                        | 77        |
| 6.3.5 การแยกกรวดทรายออกจากกันถังดักกรวดทราย .....             | 78        |
| 6.3.6 การกำจัดกรวดทราย .....                                  | 79        |
| 6.4 มาตรการไหล .....  | 79        |
| <b>บทที่ 7 กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ.....</b>                   | <b>80</b> |
| 7.1 บ่อปรับเสถียร.....  | 80        |
| 7.1.1 หลักการทำงาน .....                                      | 80        |
| 7.1.2 ค่ากำหนดการออกแบบ .....                                 | 81        |
| 7.1.3 ข้อพิจารณาในการออกแบบ .....                             | 81        |
| 7.1.4 บ่อป่มี .....   | 83        |
| 7.2 สระเติมอากาศ.....   | 83        |
| 7.2.1 หลักการของสระเติมอากาศ .....                            | 83        |
| 7.2.2 ค่ากำหนดการออกแบบ .....                                 | 83        |
| 7.2.3 ข้อพิจารณาการออกแบบ .....                               | 84        |
| 7.3 เอเอส .....   | 84        |
| 7.3.1 ค่ากำหนดการออกแบบ .....                                 | 84        |
| 7.3.2 ระบบเติมอากาศ.....                                      | 86        |
| 7.3.3 ถังทำใส.....  | 89        |
| <b>บทที่ 8 การฆ่าเชื้อ.....</b>                               | <b>93</b> |
| 8.1 การฆ่าเชื้อ .....   | 93        |
| 8.2 การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน .....                               | 93        |

|                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| 8.2.1           | ข้อพิจารณาในการออกแบบระบบที่ใช้ก๊าซคลอรีน ..... | 93         |
| 8.2.2           | การผสมเริ่มต้น.....                             | 94         |
| 8.2.3           | ถังสัมผัสคลอรีน.....                            | 94         |
| 8.3             | การฆ่าเชื้อด้วยวิธีอื่น.....                    | 95         |
| <b>บทที่ 9</b>  | <b>การบำบัดและกำจัดสลัดจ์.....</b>              | <b>96</b>  |
| 9.1             | ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์ .....           | 96         |
| 9.2             | ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์ .....           | 97         |
| 9.3             | กระบวนการบำบัดและกำจัดสลัดจ์.....               | 97         |
| 9.3.1           | การทำชั้นสลัดจ์ (sludge thickening) .....       | 97         |
| 9.3.2           | การปรับเสถียรสลัดจ์ (sludge stabilization)..... | 97         |
| 9.3.3           | การแยกน้ำจากสลัดจ์ (sludge dewatering) .....    | 97         |
| 9.3.4           | การกำจัดสลัดจ์.....                             | 98         |
| 9.4             | ข้อพิจารณาในการเลือกกระบวนการบำบัดสลัดจ์.....   | 98         |
| 9.4.1           | กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ.....                 | 98         |
| 9.4.2           | ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์.....            | 98         |
| 9.4.3           | ความต้องการพื้นที่ .....                        | 98         |
| 9.4.4           | สภาพท้องถิ่น.....                               | 98         |
| 9.5             | กระบวนการบำบัดสลัดจ์ที่เหมาะสมกับประเทศไทย..... | 99         |
| 9.6             | การป้องกันกลิ่น .....                           | 99         |
| 9.7             | การทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วง .....                  | 100        |
| 9.7.1           | หลักการทำงาน .....                              | 100        |
| 9.7.2           | ค่ากำหนดการออกแบบ .....                         | 100        |
| 9.7.3           | ข้อพิจารณาในการออกแบบ .....                     | 100        |
| 9.8             | การแยกน้ำจากสลัดจ์ .....                        | 101        |
| 9.8.1           | การปรับสภาพสลัดจ์ (sludge conditioning).....    | 101        |
| 9.8.2           | ลานตากสลัดจ์.....                               | 101        |
| 9.8.3           | สายพานรีดน้ำ.....                               | 102        |
| 9.8.4           | เครื่องอัดกรอง.....                             | 103        |
| 9.8.5           | เครื่องหมุนเหวี่ยง .....                        | 103        |
| 9.9             | ถังพักกากตะกอน.....                             | 104        |
| 9.10            | การกำจัดกากตะกอน .....                          | 105        |
| 9.10.1          | วิธีการกำจัดกากตะกอน.....                       | 105        |
| 9.10.2          | การนำไปทิ้ง .....                               | 105        |
| 9.10.3          | การนำสลัดจ์ไปใช้ประโยชน์.....                   | 105        |
| <b>บทที่ 10</b> | <b>อุปกรณ์ประกอบ.....</b>                       | <b>107</b> |
| 10.1            | อุปกรณ์ตรวจวัดและอุปกรณ์การทดลอง.....           | 107        |



|  |     |
|--|-----|
| 10.2 อุปกรณ์วิทยุ .....                | 107 |
| ศัพท์บัญญัติและนิยาม ไทย – อังกฤษ..... | 108 |
| ศัพท์บัญญัติและนิยาม อังกฤษ – ไทย..... | 116 |

## สารบัญตาราง

|  |     |
|--|-----|
| ตารางที่ 2.1 รายชื่อหัวข้อในรายงานศึกษาความเหมาะสมในการจัดการน้ำเสียของชุมชน .....             | 6   |
| ตารางที่ 2.2 ลักษณะน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย .....  | 20  |
| ตารางที่ 2.3 มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก. ....  | 22  |
| ตารางที่ 3.1 สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะพื้นที่ผิวของพื้นที่ระบายน้ำ .....                     | 32  |
| ตารางที่ 3.2 สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ .....                         | 32  |
| ตารางที่ 3.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของการต้านการไหลสำหรับหาเวลาน้ำท่าไหลเข้าท่อ .....                 | 35  |
| ตารางที่ 3.4 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานฮาเซนวิลเลียมส์ของท่อชนิดต่าง ๆ .....                     | 38  |
| ตารางที่ 3.5 ชนิดของแผนที่และมาตราส่วนของแผนที่ .....  | 39  |
| ตารางที่ 3.6 ความลาดต่ำสุดสำหรับการวางท่อน้ำที่ขนาดต่าง ๆ .....                                | 42  |
| ตารางที่ 3.7 ระยะห่างระหว่างบ่อตรวจสำหรับท่อระบายหลักหรือท่อตกน้ำเสีย .....                    | 44  |
| ตารางที่ 3.8 ขนาดของบ่อตรวจ .....  | 44  |
| ตารางที่ 4.1 ข้อดีและข้อเสียของสถานีสูบแต่ละประเภท .....                                       | 46  |
| ตารางที่ 4.2 ระดับน้ำท่วมปากท่อดูดหรือปากกระบัง .....  | 51  |
| ตารางที่ 4.3 เวลาต่ำสุดเมื่อเครื่องสูบทำงานครบวัฏจักร เมื่อเครื่องสูบมีมอเตอร์ขนาดต่าง ๆ ..... | 53  |
| ตารางที่ 5.1 อัตราไหลออกแบบสำหรับกระบวนการต่าง ๆ ของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ .....                 | 69  |
| ตารางที่ 6.1 ค่ากำหนดการออกแบบตะแกรง .....   | 74  |
| ตารางที่ 6.2 ข้อดีและข้อเสียของถังดักกรวดทรายแบบเติมอากาศและแบบน้ำไหลแนวนอน .....              | 76  |
| ตารางที่ 6.3 ค่ากำหนดการออกแบบถังดักกรวดทรายแบบเติมอากาศ .....                                 | 78  |
| ตารางที่ 6.4 ค่ากำหนดการออกแบบถังดักกรวดทรายแบบน้ำไหลแนวนอนในรางสี่เหลี่ยมผืนผ้า .....         | 78  |
| ตารางที่ 7.1 ค่ากำหนดการออกแบบบ่อแฟคัลเททีฟ .....  | 81  |
| ตารางที่ 7.2 ค่ากำหนดการออกแบบสระเติมอากาศ (แบบผสมบางส่วน) .....                               | 83  |
| ตารางที่ 7.3 สัมประสิทธิ์ไคเนติกส์ที่ใช้ในการออกแบบระบบเอเอสเพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน .....       | 86  |
| ตารางที่ 7.4 ค่ากำหนดการออกแบบกระบวนการเอเอส .....   | 86  |
| ตารางที่ 7.5 ประสิทธิภาพการเติมอากาศมาตรฐานของเครื่องเติมอากาศ .....                           | 87  |
| ตารางที่ 7.6 พลังงานในการผสม .....   | 89  |
| ตารางที่ 7.7 ข้อแนะนำทางกายภาพ .....   | 90  |
| ตารางที่ 7.8 ค่ากำหนดการออกแบบ .....   | 90  |
| ตารางที่ 8.1 ค่ากำหนดการออกแบบถังสัมผัสคลอรีน .....  | 95  |
| ตารางที่ 9.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์ .....   | 96  |
| ตารางที่ 9.2 ค่ากำหนดการออกแบบถังทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วง .....                                   | 100 |
| ตารางที่ 9.3 ค่ากำหนดการออกแบบลานตากสลัดจ์แบบมีหลังคา .....                                    | 101 |
| ตารางที่ 9.4 อาหารในปุ๋ยหมักและสลัดจ์ที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชน .....                 | 105 |

## สารบัญภาพ

|  |    |
|--|----|
| รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการศึกษาความเหมาะสมของโครงการ.....                                       | 7  |
| รูปที่ 2.2 ระบบรวบรวมน้ำเสียของชุมชนใหม่และชุมชนเก่า .....                                 | 21 |
| รูปที่ 3.1 ระบบท่อระบายรวม.....  | 24 |
| รูปที่ 3.2 ระบบท่อระบายแยก .....   | 24 |
| รูปที่ 3.3 สัดส่วนปรับลดความเข้มข้นตามขนาดของพื้นที่ระบายน้ำและที่ช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ.....  | 30 |
| รูปที่ 3.4 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและช่วงเวลาฝนตกที่คาบอุบัติฝนต่าง ๆ ..... | 33 |
| รูปที่ 3.5 เวลาที่น้ำท่าไหลเข้าท่อตามลักษณะของพื้นที่ผิวที่ความลาดเอียงต่าง ๆ.....         | 35 |
| รูปที่ 3.6 ลักษณะทางชลศาสตร์การไหลในรางเปิดของท่อกลม .....                                 | 38 |
| รูปที่ 3.7 การวางท่อน้ำเสียใกล้กับท่อน้ำประปา.....   | 40 |
| รูปที่ 5.1 แผนภาพการไหลของระบบป่อปรับเสถียร.....   | 66 |
| รูปที่ 5.2 แผนภาพการไหลของระบบสระเติมอากาศ.....  | 66 |
| รูปที่ 5.3 แผนภาพการไหลของระบบเอเอสแบบเติมอากาศยัดเวลา .....                               | 67 |
| รูปที่ 7.1 การทำงานของแบกทีเรียและสาหร่ายในป่อแฟคัลเททีฟ.....                              | 80 |
| รูปที่ 7.2 ตัวอย่างการทำงานใน 1 วัฏจักรของระบบเอสบีอาร์ .....                              | 85 |
| รูปที่ 9.1 การบำบัดสลัดจ์ที่เหมาะสมกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย.....          | 99 |

จากอดีตจนถึงปัจจุบัน การออกแบบและก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนในประเทศไทย วิศวกรผู้ออกแบบมักใช้ข้อมูลและค่ากำหนดการออกแบบ ตลอดจนแนวคิดในการออกแบบจากเอกสารทางวิชาการของต่างประเทศ หรือออกแบบจากหลักเกณฑ์การออกแบบที่เคยปฏิบัติกันมา หรือตามข้อมูลของสถานศึกษาแต่ละแห่งซึ่งมักมีแนวทางด้านทฤษฎีแต่ไม่มีแนวทางการปฏิบัติ ทำให้ผลการทำงานของระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ออกแบบและก่อสร้างไว้หลายแห่งมีความไม่เหมาะสม เช่น เลือกเทคโนโลยีหรือกระบวนการบำบัดน้ำเสียไม่เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น กระบวนการบำบัดมีขนาดใหญ่กว่าภาระการบำบัด (ขนาดใหญ่เกินจริง) เป็นต้น ส่งผลให้งบประมาณการลงทุนและการเดินระบบสูงเกินความจำเป็น ทำให้บางชุมชนมีงบประมาณสำหรับการดำเนินการไม่เพียงพอ จึงทำให้โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำหลายแห่งต้องหยุดเดินระบบบ่อยครั้งหรือต้องเดินระบบเพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งเป็นการเสียประโยชน์ในส่วนรวม

ปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายที่จะสนับสนุนให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้ดำเนินการและจัดการน้ำเสียชุมชนด้วยตนเอง จึงส่งผลให้ในอนาคตจะมีการก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนเพิ่มขึ้นอีกจำนวนมาก ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการจัดการน้ำเสียชุมชน ให้มีประสิทธิภาพและมีความคุ้มค่าสูงสุด ได้แก่ การจัดทำแนวทางสำหรับการออกแบบให้มีความเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นของประเทศไทย กรมควบคุมมลพิษในฐานะหน่วยงานหนึ่งที่รับผิดชอบในการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำได้เล็งเห็นและให้ความสำคัญกับแนวคิดดังกล่าว จึงได้จัดทำ “เกณฑ์แนะนำการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน” ขึ้น โดยมอบหมายให้สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (สวสท.) เป็นผู้ศึกษาและจัดทำ เนื่องจากเป็นสมาคมวิชาชีพที่ประกอบด้วยสมาชิกที่มีความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียเป็นจำนวนมาก รวมทั้งมีความเป็นกลางในทางวิชาการและการเป็นที่ปรึกษาด้วย

เกณฑ์แนะนำการออกแบบฯ เล่มนี้ ได้จากการรวบรวมแนวคิดและประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วยคณะที่ปรึกษาของโครงการฯ คณะที่ปรึกษาของกรมควบคุมมลพิษ บริษัทวิศวกรที่ปรึกษา นักวิชาการทางด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ทั่วประเทศ และหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง นอกจากการรวบรวมแนวคิดและประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญแล้ว สวสท. ได้นำข้อมูลจากการสำรวจในภาคสนามและข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศมาประมวลผลและวิเคราะห์ร่วมด้วย

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีข้อจำกัดในเรื่องข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงทำให้ในบางกรณีคำกำหนดการออกแบบในเกณฑ์แนะนำการออกแบบฯ เล่มนี้ยังไม่สมบูรณ์จนเป็นข้อบังคับได้ แต่ก็สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบขั้นต่ำได้ ถ้าในอนาคตมีการศึกษาและมิจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มมากขึ้น จนมีข้อมูลที่ชัดเจนและมากเพียงพอ ก็จะสามารถปรับปรุงเกณฑ์แนะนำ การออกแบบฯ เล่มนี้ ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นในลำดับต่อไป

วิศวกรผู้ออกแบบหรือผู้ที่นำเกณฑ์แนะนำการออกแบบฯ นี้ไปใช้งาน ควรคำนึงอยู่เสมอว่า เกณฑ์แนะนำการออกแบบฯ เล่มนี้ เป็นเพียงข้อเสนอแนะให้ใช้กับน้ำเสียชุมชนโดยรวมของประเทศไทย เท่านั้น ซึ่งยังจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลเฉพาะของชุมชนและลักษณะพื้นที่เพิ่มเติมก่อนการออกแบบทุกงาน นอกจากนี้ เกณฑ์แนะนำการออกแบบฯ เล่มนี้ ยังมุ่งเน้นเฉพาะการออกแบบกับน้ำเสียชุมชน ระดับเมือง เท่านั้น เช่น องค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) เทศบาลตำบล (ทต.) เทศบาลเมือง (ทม.) เทศบาลนคร (ทน.) เป็นต้น ดังนั้นการนำไปใช้งานกับน้ำเสียประเภทอื่นหรือชุมชนระดับอื่น เช่น น้ำเสียอุตสาหกรรม น้ำเสียจากอาคารสูง น้ำเสียจากหมู่บ้านจัดสรร เป็นต้น ควรระมัดระวังและใช้ดุลยพินิจอย่างรอบคอบก่อน นำไปใช้ออกแบบและก่อสร้าง เนื่องจากอาจมีปัจจัยการออกแบบในบางกรณีแตกต่างกัน นอกจากนี้ วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องตระหนักอย่างยิ่งว่าผู้ออกแบบจำเป็นต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลงานออกแบบอยู่แล้ว ตามปกติวิสัยและตามหน้าที่

## 2.1 ขั้นตอนการดำเนินการ

โดยปกติระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนมีขั้นตอนการดำเนินการอย่างน้อย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การจัดทำแผนหลักในการจัดการน้ำเสียของชุมชน การศึกษาความเหมาะสมของโครงการ การออกแบบรายละเอียดเพื่อเตรียมก่อสร้าง ก่อสร้าง และการดำเนินการเดินระบบ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

### 2.1.1 แผนหลัก (master plan)

แผนหลักเป็นการวางกรอบหรือกำหนดแนวทางสำหรับการจัดการน้ำเสียโดยรวมของชุมชน ซึ่งเป็นการวางแผนระยะยาวจนถึงสภาวะที่คาดว่าชุมชนดังกล่าวจะถูกพัฒนาและมีการขยายตัวจนถึงจุดอิ่มตัว ดังนั้นแผนหลักจะต้องมีความสอดคล้องกับการขยายตัวของชุมชนและการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต จึงจะทำให้การจัดการน้ำเสียชุมชนมีประสิทธิภาพและมีความคุ้มค่าสูงสุด และทำให้สามารถป้องกันปัญหามลพิษทางน้ำได้ตามวัตถุประสงค์

แนวทางในการจัดการน้ำเสียชุมชนมักเป็นแนวคิดและหลักการกว้าง ๆ เช่น การกำหนดพื้นที่เป้าหมายหรือพื้นที่บริการและการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละพื้นที่ ประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย จำนวนและตำแหน่งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ เป็นต้น

สำหรับชุมชนที่มีการจัดทำแผนหลักแล้ว (ในอดีต) อาจข้ามขั้นตอนนี้ไปได้ แต่ถ้าแผนหลักดังกล่าวถูกจัดทำขึ้นมาเป็นเวลานานแล้ว เจ้าของโครงการหรือวิศวกรที่ปรึกษาควรตรวจทานและปรับปรุงข้อมูลให้มีความสอดคล้องกับความเป็นจริงในปัจจุบันก่อน จึงจะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป ส่วนชุมชนที่ยังไม่มีการจัดทำแผนหลักมาก่อน อาจทำการศึกษาไปพร้อมๆ หรือควบคู่กับการศึกษาความเหมาะสมของโครงการเลยก็ได้

### 2.1.2 การศึกษาความเหมาะสม (feasibility study)

การศึกษาความเหมาะสมหรือความเป็นไปได้ของโครงการเป็นการหยิบยกแผนงานที่มีความสำคัญลำดับต้น ๆ ของแผนหลักมาดำเนินการและเป็นการศึกษาในรายละเอียดมากกว่าแผนหลัก ทำให้ได้ข้อมูลและแนวทางในการจัดการน้ำเสียชุมชนที่มีความถูกต้องและแม่นยำกว่า เช่น ประเภทและผัง ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย ที่ตั้งและความต้องการพื้นที่สำหรับก่อสร้างโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ประเภท และผังบริเวณของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ แผนการก่อสร้างและการขยายระบบเป็นช่วง ๆ ความคุ้มค่าในการลงทุน เป็นต้น

ในเบื้องต้นควรกำหนดแนวทางที่มีความเป็นไปได้ หรือมีความเหมาะสมในทางวิศวกรรม มากกว่า 1 แนวทาง แล้วค่อยทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแต่ละแนวทางทั้งในด้าน เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และสังคม เพื่อประเมินและคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมต่อไป

แนวทางที่ให้ผลดีมากในทางวิศวกรรมหรือสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีคุณภาพสูง แต่ต้องใช้งบประมาณในการลงทุนและเดินระบบตลอดทั้งโครงการสูงและไม่สอดคล้องกับงบประมาณของเจ้าของโครงการ แนวทางดังกล่าวก็ถือว่าไม่เหมาะสม ดังเช่นโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน หลายแห่ง (ในประเทศไทย) ซึ่งก่อสร้างเสร็จแล้ว แต่ต้องหยุดเดินระบบบ่อยครั้งหรือเดินระบบได้เพียง บางส่วนเท่านั้น (เนื่องจากขาดงบประมาณในการดำเนินการ) ส่วนแนวทางซึ่งให้ผลดีปานกลางในทาง วิศวกรรมและพอเพียงที่จะปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง แต่มีงบประมาณการ ดำเนินการไม่สูงมากนักและมีความเหมาะสมกับศักยภาพในการลงทุนของเจ้าของโครงการน่าจะเป็น แนวทางที่มีความเหมาะสมกว่า

นอกจากความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้ว แนวทางที่เหมาะสมจะต้องมี ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมต่ำสุดอีกด้วย ดังนั้นในขั้นตอนการศึกษาความเหมาะสมควรมีการ ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (environmental impact assessment, EIA) และการประเมินผลกระทบ สังคม (social impact assessment, SIA) ด้วย จึงจะไม่ทำให้เกิดปัญหาในภายหลัง นอกจากนี้ควรส่งเสริม ให้ประชาชนในชุมชนมีส่วนร่วมในการดำเนินโครงการ ซึ่งจะทำให้การดำเนินการมีความรอบคอบมากขึ้น และยังทำให้ประชาชนมีความเข้าใจถึงความสำคัญในการจัดการน้ำเสียของชุมชน รวมทั้งจะทำให้ ประชาชนให้การสนับสนุนและให้ความร่วมมือกับโครงการ เช่น การจ่ายค่าธรรมเนียมสำหรับการบำบัด น้ำเสีย เป็นต้น ดังนั้นในขั้นตอนนี้เจ้าของโครงการควรจัดสรรงบประมาณไว้ส่วนหนึ่ง เพื่อใช้ในการ ประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ข้อมูลของโครงการในทุก ๆ ด้าน (วิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และ สังคม) และใช้ในการสร้างกระบวนการปรึกษาหารือต่าง ๆ ซึ่งให้ประชาชนสามารถแสดงความคิดเห็นได้

ผู้ออกแบบควรคำนึงอยู่เสมอว่ามีแนวทางหรือวิธีการจัดการน้ำเสียชุมชนอีกหลายวิธี นอกจาก การก่อสร้างโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนดังที่แนะนำไว้ในเกณฑ์แนะนำการออกแบบฯ เล่มนี้ เช่น การบำบัดด้วยบึงประดิษฐ์ (constructed wetlands) การนำน้ำเสียไปใช้ประโยชน์โดยตรงใน เกษตรกรรม เป็นต้น อย่างไรก็ตามก่อนนำมาใช้งาน ผู้ออกแบบต้องมีความมั่นใจและมีข้อมูลสนับสนุน อย่างเพียงพอ ซึ่งระบุว่าแนวทางดังกล่าวมีความเป็นไปได้ในทางวิศวกรรม ไม่มีผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมและสังคม ในระยะยาว และมีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากแนวทางดังกล่าวยังไม่เคย นำมาใช้กับน้ำเสียชุมชน (โดยตรงสำหรับประเทศไทย) และค่ากำหนดการออกแบบยังไม่ชัดเจนมากนัก แต่ผู้ออกแบบอาจศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง (ในต่างประเทศ) และจากการทำการทดลองกับโรงขนาดโต๊ะทดลอง (bench scale) และโรงงานนำร่อง

### 2.1.3 การออกแบบรายละเอียด (detailed design)

เมื่อคัดเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสมแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการออกแบบรายละเอียดทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งเขียนแบบแปลนทางสถาปัตยกรรม และจัดทำข้อกำหนดรายละเอียดของงานวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องจักรที่นำมาใช้ รวมถึงการคำนวณราคาและปริมาณงาน เพื่อเตรียมสำหรับการก่อสร้างจริง

### 2.1.4 การก่อสร้าง (construction)

ขั้นตอนการก่อสร้างเริ่มตั้งแต่การประกาศประกวดราคาจ้างเหมาก่อสร้าง การชี้แจงรายละเอียด ของงาน การยื่นซองเสนอราคา การพิจารณาข้อเสนอของผู้รับเหมา การก่อสร้างและติดตั้งระบบตามแบบรายละเอียด ตลอดถึงการทดสอบประสิทธิภาพของระบบและอุปกรณ์เครื่องจักร

### 2.1.5 การดำเนินการ (operation)

การดำเนินการเป็นขั้นตอนเดินระบบเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ รวมทั้งการบำรุงรักษาและซ่อมแซม อุปกรณ์เครื่องจักร เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่ออกแบบไว้ และต้องมีการจดบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น อัตราไหล (ของน้ำเสียที่เข้าระบบ) ที่สภาวะต่าง ๆ ลักษณะของน้ำเสีย และคุณภาพของน้ำทิ้งหลังการปรับปรุงคุณภาพแล้ว งบประมาณการดำเนินการ ประวัติการชำรุดของอุปกรณ์และเครื่องจักร เป็นต้น ซึ่งข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้จะเป็นประโยชน์มากในการปรับปรุงระบบหรือปรับเปลี่ยนวิธีการดำเนินการเพื่อให้ระบบทำงานด้วยประสิทธิภาพสูงสุด และใช้สำหรับคาดการณ์ ชัดความสามารถของระบบในอนาคต ซึ่งสามารถระบุถึงช่วงที่เหมาะสมสำหรับการขยายระบบต่อไป นอกจากนี้ยังเป็นฐานข้อมูลที่มีประโยชน์สำหรับการจัดการน้ำเสียชุมชนโดยรวมของประเทศต่อไปอีกด้วย

## 2.2 รายงานการศึกษาความเหมาะสมของโครงการ

ขั้นตอนการศึกษาความเหมาะสมของโครงการนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งถ้าเกิดความผิดพลาดในขั้นตอนนี้จะส่งผลต่อการดำเนินการในขั้นตอนต่อไปและมีผลในระยะยาวอีกด้วย โดยเฉพาะในขั้นตอนการดำเนินการเดินระบบ (หลังก่อสร้างเสร็จ) ซึ่งมีผลทั้งในแง่ของประสิทธิภาพของระบบ และงบประมาณการดำเนินการตลอดทั้งโครงการ

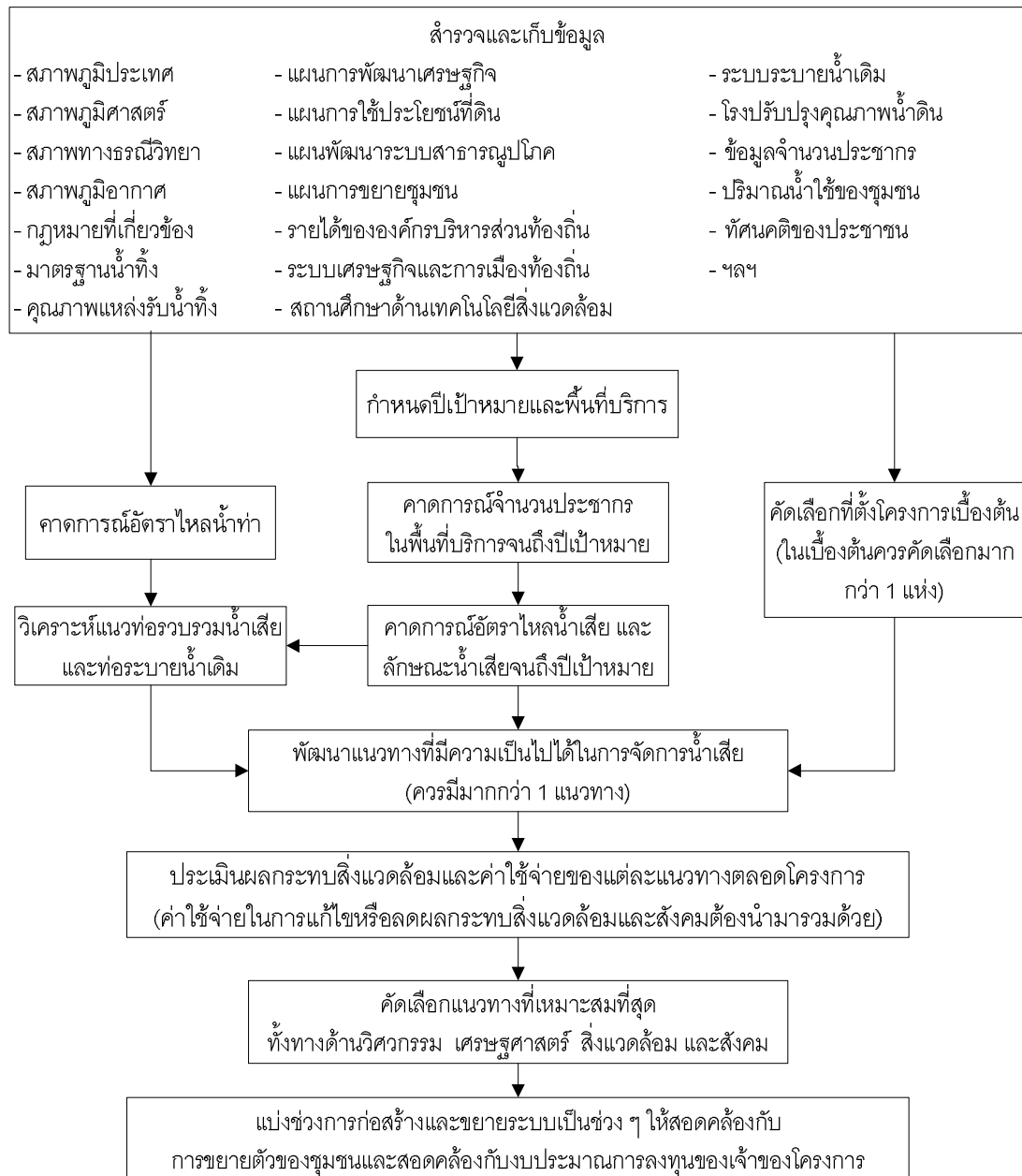
การจัดทำรายงานการศึกษาความเหมาะสมของโครงการจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของพื้นที่หรือชุมชน (ที่จะจัดทำโครงการ) ซึ่งจะทำให้การตรวจสอบ และการวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการได้ง่ายขึ้น

รายงานการศึกษาความเหมาะสมของโครงการควรประกอบด้วยรายชื่อหัวข้อต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.1 และควรมีขั้นตอนการดำเนินการดังรูปที่ 2.1



ตารางที่ 2.1 รายชื่อหัวข้อในรายงานศึกษาความเหมาะสมในการจัดการน้ำเสียของชุมชน

| หัวข้อ   | รายละเอียด   |
|--|--|
| 1. บทนำ  | ความเป็นมา จุดประสงค์ และขอบเขตของโครงการ  |
| 2. การกำหนดปัญหา   | ประเมินสภาพปัญหาที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ที่มีความต้องการจัดการปัญหาน้ำเสียอย่างเร่งด่วน  |
| 3. ข้อมูลพื้นฐาน   | กฎหมายที่เกี่ยวข้องสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ระบบสาธารณสุขโรค การใช้ประโยชน์ที่ดิน แผนพัฒนาชุมชน ข้อมูลประชากร ฯลฯ (ดูเพิ่มเติมได้จากหัวข้อที่ 2.3)   |
| 4. การศึกษาในอดีต (ถ้ามี)  | แผนหลักหรือการศึกษาความเหมาะสมของโครงการในอดีต   |
| 5. ระบบระบายน้ำ ระบบรวบรวม น้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ เดิมของชุมชน (ถ้ามี) | ประเมินขีดความสามารถและสภาพการชำรุด รวมทั้งศึกษาประสิทธิภาพ ปัญหา และอุปสรรคในการดำเนินการในอดีต   |
| 6. กำหนดปีเป้าหมาย   | กำหนดปีเป้าหมายและพื้นที่บริการของโครงการ และแบ่งช่วงการก่อสร้างและขยายระบบเป็นช่วง ๆ ให้สอดคล้องกับการขยายตัวของชุมชนและการจัดสรรงบประมาณ   |
| 7. จำนวนประชากร  | คาดการณ์จำนวนประชากรและความหนาแน่นของประชากรตามการใช้ประโยชน์ของที่ดิน พร้อมทั้งอธิบายหลักการ และวิธีในการคาดการณ์   |
| 8. อัตราไหลและลักษณะน้ำเสีย  | กำหนดอัตราไหลและลักษณะน้ำเสีย พร้อมทั้งแสดงหลักการและวิธีการในการกำหนด   |
| 9. มาตรฐานน้ำทิ้ง  | การกำหนดคุณภาพน้ำทิ้งที่ต้องการ (จากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ)  |
| 10. ข้อมูลฝนและอัตราไหลของ น้ำท่าสูงสุด  | ศึกษาความเข้มและรูปแบบของฝนของชุมชน เพื่อกำหนดหาอัตราไหลของน้ำท่าสูงสุด พร้อมทั้งแสดงหลักการและวิธีการ   |
| 11. ค่ากำหนดการออกแบบทาง วิศวกรรม  | เกณฑ์การเลือกที่ตั้งโครงการและค่ากำหนดการออกแบบระบบท่อรวบรวมน้ำเสียและหน่วย กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำต่าง ๆ พร้อมทั้งระบุถึงที่มาหรือแหล่งข้อมูลอ้างอิง   |
| 12. ที่ตั้งโครงการ   | ในเบื้องต้นควรคัดเลือกแนวทางที่เป็ไปได้มากกว่า 1 แห่ง และทำการเปรียบเทียบภาพรวมของ โครงการฯ โดยเฉพาะผลกระทบต่อระบบรวบรวมน้ำเสียและกระบวนการบำบัดน้ำเสีย พร้อมทั้ง แสดงตำแหน่งที่ตั้งและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง |
| 13. ทัศนคติของประชาชน  | ศึกษาความคิดเห็นของประชาชนในท้องถิ่นต่อโครงการ   |
| 14. งบการเงินและองค์กรบริหาร โครงการ   | กำหนดโครงสร้างขององค์กรบริหารโครงการ รวมทั้งการจัดสรรงบประมาณการลงทุน และการ ดำเนินการโครงการตลอดจนถึงปีเป้าหมาย   |
| 15. พัฒนาแนวทางหรือวิธีในการ ปรับปรุงคุณภาพน้ำ                                 | ศึกษาความเป็นไปได้ของที่ตั้งโครงการ ประเภทและแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย และกระบวนการบำบัด น้ำเสีย ในเบื้องต้นควรกำหนดมากกว่า 1 แนวทาง (แต่ละแนวทางต้องมีความเป็นไปได้ทาง วิศวกรรม)                                |
| 16. ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม  | ทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสังคม   |
| 17. ประเมินและวิเคราะห์แต่ละ แนวทาง  | เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแต่ละแนวทาง ทั้งในด้านวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และ สังคม  |
| 18. คัดเลือกแนวทางที่เหมาะสม   | คัดเลือกแนวทางที่มีความเป็นไปได้ในทางวิศวกรรม และมีค่าใช้จ่ายต่ำสุดตลอดการดำเนินโครงการ นอกจากนี้ต้องมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมต่ำสุดอีกด้วย  |



**รูปที่ 2.1** ขั้นตอนการศึกษาความเหมาะสมของโครงการ

## 2.3 การสำรวจและเก็บข้อมูล

การสำรวจและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในพื้นที่โครงการ ย่อมทำให้ผู้ออกแบบเข้าใจถึงสภาพปัญหาที่แท้จริงและยังเป็นข้อมูลพื้นฐาน ซึ่งทำให้ผู้ออกแบบสามารถพัฒนาแนวคิดหรือศึกษาแนวทาง ที่มีความเป็นไปได้ ในการจัดการน้ำเสียของชุมชนนั้นๆ ได้อย่างเหมาะสม ข้อมูลดังกล่าวอย่างน้อยต้องประกอบด้วยรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

### 2.3.1 สภาพพื้นที่ของโครงการ

- สภาพภูมิศาสตร์ เช่น เส้นชั้นความสูง ระดับน้ำใต้ดิน ระดับน้ำผิวดิน เป็นต้น
- สภาพทางธรณีวิทยา เช่น สภาพและลักษณะของชั้นดิน เป็นต้น
- สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ข้อมูลน้ำท่วม ข้อมูลฝน เป็นต้น
- สภาพทางเศรษฐกิจและสังคม เช่น รายได้ขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่น รายได้ของประชากร
- แหล่งท่องเที่ยว สถานศึกษา เป็นต้น
- สถานที่ที่มีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ เช่น โบราณสถาน เป็นต้น
- ระดับการศึกษาและทัศนคติของประชาชนต่อโครงการ
- การใช้ประโยชน์ที่ดิน
- ราคาที่ดิน
- สภาพการเมืองท้องถิ่น
- คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะ
- รายละเอียดของท่อระบายเดิม

### 2.3.2 แผนพัฒนาชุมชน

แนวทางในการจัดการน้ำเสียชุมชนให้มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าสูงสุดควรมีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาของชุมชน ดังนี้

- แผนพัฒนาเมืองหรือเทศบาล
- แผนพัฒนาจังหวัด
- แผนพัฒนาปรับปรุงคลอง แม่น้ำ ชายฝั่ง และระบบป้องกันน้ำท่วม
- แผนพัฒนาลุ่มน้ำ
- แผนพัฒนาระบบสาธารณูปโภค เช่น ถนน สะพาน ประปา ไฟฟ้า โทรศัพท์ เป็นต้น
- แผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน
- แผนพัฒนาการเกษตรกรรมและการชลประทาน
- แผนพัฒนาอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม
- การประกาศเป็นเขตควบคุมมลพิษและ/หรือคุ้มครองสิ่งแวดล้อม

### 2.3.3 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

กฎหมาย ระเบียบ และข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำเสียในประเทศไทย เช่น

- รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550
- พระราชบัญญัติการเดินเรือในน่านน้ำไทย พ.ศ. 2456
- พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535
- พระราชบัญญัติชลประทานหลวง พ.ศ. 2485
- พระราชบัญญัติการประมง พ.ศ. 2490
- พระราชบัญญัติเทศบาล พ.ศ. 2496
- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
- พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
- พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535
- พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535
- พระราชบัญญัติการจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2543
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร (พ.ศ. 2548)
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (พ.ศ. 2548)
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2548)
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมฉบับต่าง ๆ เรื่อง การกำหนดเขตพื้นที่และมาตรฐานการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมในบริเวณพื้นที่ต่าง ๆ
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับต่าง ๆ เรื่อง การกำหนดให้เขตพื้นที่เป็นเขตควบคุมมลพิษ
- กฎหมายขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่น ได้แก่ เทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล กรุงเทพมหานคร และเมืองพัทยา

### 2.3.4 ข้อมูลด้านการเงินและงบประมาณ

ข้อมูลด้านการเงินหรืองบประมาณของหน่วยงานเจ้าของโครงการเป็นข้อมูลสำหรับประเมินศักยภาพในการลงทุนและการดำเนินการโครงการตลอดจนถึงปีเป้าหมาย ซึ่งมีความสำคัญต่อการเลือกแนวทางในการดำเนินการจัดการน้ำเสียของชุมชน

### 2.3.5 ข้อมูลของระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเดิม

กรณีที่ชุมชนมีระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเดิมอยู่แล้ว ควรประเมินประสิทธิภาพและขีดความสามารถของระบบ รวมทั้งควรรวบรวมและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในการดำเนินการในอดีต ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการพัฒนาแนวทางในการจัดการน้ำเสียของชุมชนให้เหมาะสมมากขึ้น (ในอนาคต) เช่น ส่วนใดต้องปรับปรุงระบบหรือส่วนใดต้องก่อสร้างระบบใหม่ เป็นต้น

### 2.3.6 ข้อมูลประชากร

ข้อมูลจำนวนประชากรและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของชุมชนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต จำนวนประชากรที่คาดการณ์ได้จะนำไปคำนวณอัตราการเกิดน้ำเสียในอนาคตนั่นเอง วิธีการคาดการณ์จำนวนประชากรดูจากหัวข้อที่ 2.7

### 2.3.7 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ

ปริมาณการใช้น้ำสำหรับการอุปโภคและบริโภคของชุมชนในอดีตจนถึงปัจจุบันเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในการคาดการณ์อัตราการใช้น้ำของชุมชนในอนาคต และมีความสำคัญในการคาดการณ์อัตราการเกิดน้ำเสียอีกด้วย เนื่องจากน้ำเสียก็คือน้ำทิ้งซึ่งเกิดจากการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ในชุมชนนั่นเอง วิธีการหาอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 2.8

### 2.3.8 ข้อมูลฝน

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและรูปแบบของฝนที่ตกในชุมชน (ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน) เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคาดการณ์อัตราไหลน้ำท่าสูงสุด ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสีย (แบบท่อระบายรวม) หรือท่อระบายน้ำฝน การหาอัตราไหลน้ำท่าสูงสุดจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.5

### 2.3.9 ข้อมูลลักษณะน้ำเสีย

ลักษณะน้ำเสียของชุมชน (เช่น บีโอดี ของแข็งแขวนลอย เป็นต้น) มีความสำคัญในการเลือกกระบวนการบำบัดน้ำเสียและมีผลต่อขนาดของหน่วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ลักษณะน้ำเสียของชุมชนในประเทศไทยจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 2.12

### 2.3.10 ข้อมูลที่ตั้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ข้อมูลพื้นฐานของที่ตั้งโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนควรประกอบด้วยขนาดของพื้นที่สภาพภูมิประเทศ สภาพทางธรณีวิทยา เส้นชั้นความสูง ระดับน้ำใต้ดิน ราคาที่ดิน ทิศทางลม การคมนาคม ความพร้อมทางด้านสาธารณูปโภค ระยะห่างระหว่างชุมชน ทิศนคติของประชาชน ฯลฯ ซึ่งมีความสำคัญในการเลือกและออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ข้อพิจารณาเบื้องต้นใน การเลือกที่ตั้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 2.6

### 2.3.11 ค่ากำหนดการออกแบบในทางวิศวกรรม

ค่ากำหนดการออกแบบในทางวิศวกรรมเป็นข้อมูลสำคัญในการกำหนดขนาด/ความลาดชันของท่อรวบรวมน้ำเสียและหน่วยกระบวนการต่างๆของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ค่ากำหนดการออกแบบที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียชุมชนและสภาพท้องถิ่นของประเทศไทยจะกล่าวต่อไปในบทที่ 3 - 10

## 2.4 ปีเป้าหมาย (target year หรือ design year)

โดยปกติระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ก่อสร้างขึ้นในปีปัจจุบันจะต้องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคตด้วย จึงจะทำให้สามารถป้องกันมลพิษทางน้ำได้อย่างต่อเนื่องและมีความคุ้มค่าในการลงทุน ระยะเวลา (ปี) ในอนาคตที่ระบบยังสามารถรองรับอัตราไหล และปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นและยังสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในที่นี้จะเรียกว่า “ปีเป้าหมาย” แต่อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบควรคำนึงอยู่เสมอว่าปีเป้าหมายไม่ได้หมายถึงอายุการใช้งาน (life) ของระบบ

### 2.4.1 การกำหนดปีเป้าหมาย

การกำหนดปีเป้าหมายของโครงการมีผลต่อการกำหนดปัจจัยในการออกแบบต่าง ๆ เช่น ขนาด พื้นที่บริการ จำนวนประชากร อัตราไหล (ของน้ำเสีย) ขนาดของท่อรวบรวมน้ำเสีย ขนาดโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ และความต้องการพื้นที่สำหรับก่อสร้างโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ เป็นต้น โดยปกติถ้ากำหนดปีเป้าหมายยาวนานขึ้นจะทำให้ท่อรวบรวมน้ำเสียและขนาดโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำใหญ่ขึ้นด้วย ซึ่งจะทำให้มีความต้องการพื้นที่สำหรับก่อสร้างโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำมากขึ้นด้วย

การกำหนดปีเป้าหมายที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อายุการใช้งานของวัสดุหรือเครื่องจักร ความล้าสมัยของเทคโนโลยี อัตราดอกเบี้ย ระยะเวลาที่สามารถคาดการณ์ข้อมูลต่าง ๆ ในอนาคตได้อย่างน่าเชื่อถือ เป็นต้น

สำหรับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนในประเทศไทยควรกำหนดปีเป้าหมายไม่เกิน 20 ปี เพราะหากกำหนดปีเป้าหมายยาวนานกว่านี้อาจทำให้ข้อมูลที่คาดการณ์ไว้มีความคลาดเคลื่อนได้มาก อีกทั้งในขณะนั้นอาจมีการปรับปรุงมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งใหม่ให้มีความเข้มงวดยิ่งขึ้น (ต้องการน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูงขึ้น) ซึ่งอาจทำให้เทคโนโลยีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่เหมาะสม

ส่วนท่อรวบรวมน้ำเสียหลักและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องจะต้องกำหนดปีเป้าหมายไม่น้อยกว่า 20 ปี (ไม่น้อยกว่าปีเป้าหมายของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ) หรือระบบจะต้องมีความสามารถในการรองรับน้ำเสียและมีอายุการใช้งานอย่างน้อยอีก 20 ปีต่อไป แต่โดยส่วนใหญ่การกำหนดปีเป้าหมายของระบบท่อมักถูกกำหนดด้วยอายุการใช้งานของท่อเป็นหลัก เนื่องจากการขยายหรือการปรับปรุงระบบเป็นเรื่องยากและมีงบประมาณการลงทุนสูงมาก ในขณะเดียวกันเมื่อท่อมีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้งบประมาณเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ควรกำหนดปีเป้าหมายท่อรวบรวมน้ำเสียหลักนานถึง 40 - 50 ปี แต่ต้องคำนึงถึงความสามารถและความคุ้มค่าในการลงทุนด้วย เนื่องจาก ถ้ากำหนดปีเป้าหมายยาวนานขึ้น จะต้องเลือกชนิดท่อที่ทนทานต่อการสึกกร่อนและกัดกร่อน ซึ่งมีราคาแพงและทำให้งบประมาณการลงทุนสูงขึ้นในทางกลับกันถ้ากำหนดปีเป้าหมายน้อยกว่า จะทำให้งบประมาณการลงทุนไม่สูงมากนัก แต่ต้องมีการปรับปรุงระบบเร็วกว่า (เนื่องจากมีอายุการใช้งานสั้นกว่า)

## 2.4.2 การแบ่งช่วงการขยายระบบ

การก่อสร้างระบบทั้งหมดให้เสร็จเพียงครั้งเดียวเพื่อใช้งานจนถึงปีเป้าหมาย จะต้องใช้งบประมาณการลงทุนสูงมาก ในขณะที่ปีแรกๆจะใช้งานเพียงบางส่วนเท่านั้น นอกจากนี้ข้อมูลและปัจจัยการออกแบบที่คาดการณ์ไว้อาจมีความคลาดเคลื่อนหรืออาจเปลี่ยนแปลงตามเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นโดยมิได้คาดหมาย ซึ่งอาจทำให้ระบบที่สร้างเพื่อไว้แล้วไม่เหมาะสม และต้องมีการปรับปรุงระบบใหม่อยู่ดี ดังนั้นผู้ออกแบบควรแบ่งช่วงการก่อสร้างเพื่อขยายระบบเป็นช่วง ๆ ซึ่งทำให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบ และปรับปรุงข้อมูลให้มีความเหมาะสม (หรือสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง) ก่อนการก่อสร้างเพื่อขยายระบบในช่วงต่อไป

สำหรับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนในประเทศไทยควรแบ่งช่วงการขยายระบบออกเป็น ช่วง ๆ ช่วงละ 5 - 10 ปี อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบต้องเผื่อขนาดพื้นที่ไว้ให้เพียงพอสำหรับการก่อสร้างเพื่อขยายระบบจนถึงปีเป้าหมายด้วย รวมทั้งบางหน่วยกระบวนการซึ่งยากสำหรับการปรับปรุง และขยายระบบก็ควรสร้างให้เสร็จเพียงครั้งเดียว ซึ่งจะทำให้มีความคุ้มค่ากว่า เช่น สถานีสูบน้ำเสีย/ยกระดับน้ำเสีย ท่อระบายหลัก (main sewer) ท่อดักน้ำเสีย (intercepting sewer) บ่อผันน้ำ (diversion chamber) เป็นต้น

## 2.5 พื้นที่บริการ (service area)

พื้นที่บริการ หมายถึง พื้นที่ของชุมชนที่จะระบายน้ำเสียลงสู่ท่อรวบรวมน้ำเสียและลำเลียงไปบำบัดที่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน ส่วนพื้นที่เป้าหมายของโครงการ หมายถึง ขนาดของพื้นที่บริการ

ในปีเป้าหมายในปีแรกๆ ผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องกำหนดพื้นที่บริการให้เต็มพื้นที่เป้าหมายก็ได้ ซึ่งสามารถค่อย ๆ ขยายพื้นที่บริการจนเต็มพื้นที่เป้าหมายในอนาคตหรือที่ปีเป้าหมาย การขยายพื้นที่บริการควรมีความสอดคล้องกับการขยายตัวและการจัดสรรงบประมาณของชุมชน หรือให้สอดคล้องกับแผนแบ่งช่วงการก่อสร้างเพื่อขยายระบบดังกล่าวแล้วในหัวข้อที่ 2.4.2

## 2.6 ข้อพิจารณาเบื้องต้นในการเลือกที่ตั้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ในเบื้องต้นผู้ออกแบบควรเลือกตำแหน่งที่ตั้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำที่น่าจะมีความเป็นไปได้อย่างน้อย 2 แห่ง และทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแต่ละพื้นที่ก่อนเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมต่อไป การประเมินข้อดีและข้อเสียในแต่ละพื้นที่จะต้องเปรียบเทียบในภาพรวมของโครงการด้วย เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำจะมีผลต่อการดำเนินโครงการส่วนอื่น ๆ เช่น ผังและระยะทางในการวางท่อรวบรวมน้ำเสีย ความต้องการสถานีสูบน้ำ/ยกระดับน้ำเสีย การเลือกกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ งบประมาณการดำเนินการ ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม ฯลฯ ซึ่งในหลายกรณีจะมีผลต่อเนื่องในระยะยาวตลอดการดำเนินการ

ข้อพิจารณาเบื้องต้นในการเลือกที่ตั้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ สามารถสรุปได้ดังนี้

- โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำควรตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดน้ำเสียและแหล่งรับน้ำทิ้ง ซึ่งจะทำให้การวางท่อรวบรวมน้ำเสียและท่อระบายน้ำทิ้งไม่ไกลมาก และอาจเป็นการลดความต้องการสถานีสูบ/ยกระดับน้ำเสียได้อีกด้วย จึงทำให้สามารถประหยัดพลังงาน ค่าก่อสร้าง และค่าดำเนินการในระยะยาว ส่วนจุดระบายน้ำทิ้งต้องอยู่บริเวณท้ายน้ำของชุมชนและไม่ควรอยู่ก่อนจุดสูบน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปา แต่ในกรณีที่ต้องการนำน้ำทิ้งดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือจุดระบายน้ำทิ้งควรตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งที่จะนำน้ำทิ้งไปใช้ เช่น แหล่งเกษตรกรรม เป็นต้น แต่ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงความคุ้มทุนในระยะยาวด้วย โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการของระบบลำเลียงน้ำกับผลตอบแทนในการนำน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์
- โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำควรมีระดับพื้นที่ต่ำกว่าพื้นที่ของชุมชน ซึ่งทำให้น้ำเสียจากชุมชนไหลเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นการลดความต้องการสถานีสูบ/ยกระดับน้ำเสีย จึงทำให้ประหยัดพลังงานและงบประมาณการดำเนินการในระยะยาว
- อย่างไรก็ตามที่ตั้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำจะต้องเป็นพื้นที่ที่น้ำไม่ท่วม เว้นแต่จะมีการเตรียมป้องกันเท่านั้น เช่น การสร้างกำแพงกันน้ำ (dike) ซึ่งผู้ออกแบบควรตรวจสอบระดับน้ำท่วมสูงสุดอย่างน้อยในรอบ 100 ปี
- การปรับระดับพื้นที่ของหน่วยกระบวนการบำบัดลำดับท้าย ๆ ให้ต่ำกว่าหน่วยกระบวนการลำดับต้นๆ และทำให้น้ำไหลผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งเป็นการลดความต้องการสถานีสูบยกระดับน้ำเสียระหว่างกระบวนการและจะทำให้ประหยัดค่าดำเนินการในระยะยาว ดังนั้นถ้าเป็นไปได้พื้นที่สำหรับก่อสร้างโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำควรมีความลาดเล็กน้อย ซึ่งจะทำให้ก่อสร้างง่ายและประหยัดค่าก่อสร้างเนื่องจากการขุดหรือถมดิน
- โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำต้องตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีถนนเข้าถึงได้อย่างสะดวกทุกฤดูกาล เพื่อความสะดวกสำหรับการขนส่งวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และสลัดจ์ รวมทั้งต้องมีความพร้อมในด้านสาธารณูปโภคอื่น ๆ ด้วย เช่น ประปา ไฟฟ้า โทรศัพท์ เป็นต้น
- ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงสภาพของชั้นดินและระดับน้ำใต้ดินของที่ตั้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลถึงความยากง่ายและงบประมาณการก่อสร้าง ถ้าลักษณะดินของพื้นที่เป็นดินอ่อนหรือมีระดับน้ำใต้ดินสูงย่อมทำให้ก่อสร้างยากและต้องใช้งบประมาณสูง
- ขนาดพื้นที่ของที่ตั้งโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำต้องเพียงพอสำหรับการขยายระบบจนถึงปีเป้าหมาย และควรมีพื้นที่ว่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ว่างในที่นี้หมายถึงพื้นที่ซึ่งไม่ใช่ที่ตั้งของหน่วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เช่น ถนน อาคารสำนักงาน อาคารควบคุม เขตกันชน (buffer zone) เป็นต้น นอกจากนี้ควรมีพื้นที่ซึ่งทำหน้าที่เป็นเขตกันชน รอบโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย ซึ่งควรมีระยะห่างระหว่างหน่วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำกับรั้วไม่น้อยกว่า 15 เมตร ยกเว้นชุมชนที่มีประชากรหนาแน่นและมีพื้นที่จำกัด แต่ในกรณียกเว้นนี้จะต้องมีมาตรการลดผลกระทบต่าง ๆ ด้วย เช่น เลือกกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำซึ่งไม่เกิดการหมักและมีกลิ่น ติดตั้งระบบกำจัดกลิ่นติดตั้งระบบป้องกันเสียงดังจากเครื่องจักร เป็นต้น



- ราคาที่ดินมีผลต่อการเลือกที่ตั้งและประเภทของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำอย่างมาก ถ้าราคาที่ดินต่ำ (ถูก) จะทำให้สามารถลงทุนซื้อพื้นที่ได้มากและสามารถเลือกกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่มีค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการต่ำ ส่วนในทางกลับกันถ้าที่ดินมีราคาสูง (แพง) การเลือกกระบวนการจะต้องเป็นประเภทที่มีค่าก่อสร้างและการดำเนินการแพงกว่า แต่ใช้พื้นที่น้อยกว่า ซึ่งอาจจะมีความคุ้มค่ากว่าก็ได้ อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบควรคำนึงอยู่เสมอว่าในบางกรณีผลของค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเดินระบบ (ในระยะยาว) อาจมีมูลค่ามากกว่าค่าก่อสร้างหรือราคาที่ดินก็ได้
- เจ้าของโครงการควรต้องทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสังคมของโครงการปรับปรุงคุณภาพน้ำและควรกระทำในขั้นตอนการศึกษาความเหมาะสมของโครงการซึ่งจะไม่ทำให้เกิดปัญหาในภายหลัง

## 2.7 การคาดการณ์จำนวนประชากร

อัตราไหล (น้ำเสีย) ที่เกิดขึ้นในชุมชนขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรและอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของประชากร (ลิตร/คน-วัน) ดังนั้นการคาดการณ์จำนวนประชากร รวมทั้งความหนาแน่นของประชากรตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของที่ดินจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการคาดการณ์อัตราไหลของน้ำเสียที่จะเกิดในอนาคต แต่การคาดการณ์จำนวนประชากรมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากและมีความซับซ้อนอย่างยิ่ง ดังนั้นงานในส่วนนี้ควรเป็นหน้าที่ของนักประชากรศาสตร์โดยเฉพาะ

จำนวนประชากรในอนาคตขึ้นอยู่กับสภาพของท้องถิ่น ระยะเวลาที่คาดการณ์ แผนการพัฒนาชุมชน และข้อมูลจำนวนประชากรในอดีต ทั้งนี้ข้อมูลจำนวนประชากรสามารถศึกษาได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น สำนักงานกลางทะเบียนราษฎรและกองทะเบียน (เป็นหน่วยงานที่จัดทำทะเบียนราษฎร) สำนักงานสถิติแห่งชาติ (เป็นหน่วยงานที่จัดทำสำมะโนประชากรและมีการเสนอผลได้ทั้งในระดับทั่วราชอาณาจักร ภาค จังหวัด อำเภอ และตำบล) หน่วยราชการส่วนท้องถิ่น เป็นต้น

วิธีการคาดการณ์จำนวนประชากรมีหลายวิธีตามสมมติฐานหรือลักษณะการโตของชุมชนในอนาคต ได้แก่ แบบเลขคณิต (arithmetic growth method) แบบเรขาคณิต (geometric growth method) แบบชลดัตว์ (decreasing rate of increase method) แบบเส้นโค้งรูปเอส (mathematical or logistic curve fitting) แบบเปรียบเทียบ (graphic comparison method) และแบบเทียบสัดส่วน (ratio method) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 2.7.1 วิธีโตแบบเลขคณิต

วิธีนี้ตั้งสมมติฐานว่าจำนวนประชากรเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราคงที่เหมาะสำหรับการคาดการณ์จำนวนประชากรในระยะสั้นๆ ประมาณ 1 - 5 ปี ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรสามารถคำนวณได้จากข้อมูลประชากรในอดีต การคาดการณ์จำนวนประชากรด้วยวิธีนี้สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2 - 1

$$\begin{aligned} Y_t &= Y_2 + K_a(T_t - T_2) & (2 - 1) \\ K_a &= \text{อัตราการเปลี่ยนแปลงประชากรแบบเลขคณิต, คน/ปี} \\ &= (Y_2 - Y_1)/(T_2 - T_1) \\ Y_1, Y_2 \text{ และ } Y_t &= \text{จำนวนประชากรในปีอดีต ปัจจุบัน และอนาคต ตามลำดับ, คน} \\ T_1, T_2 \text{ และ } T_t &= \text{ปี พ.ศ. ของอดีต ปัจจุบัน และอนาคต ตามลำดับ} \end{aligned}$$

### 2.7.2 วิธีโตแบบเรขาคณิต

วิธีนี้ตั้งสมมติฐานว่าจำนวนประชากรเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนกับจำนวนประชากรในขณะนั้น เหมาะกับชุมชนที่มีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะบริเวณที่ไม่มีการควบคุมการก่อสร้าง เช่น แหล่งชุมชนแออัด หรือแหล่งท่องเที่ยวเปิดใหม่ เป็นต้น ซึ่งใช้สำหรับการคาดการณ์ในระยะสั้นๆ ประมาณ 1 - 5 ปี การคาดการณ์จำนวนประชากรด้วยวิธีนี้แสดงดังสมการที่ 2 - 2

$$\begin{aligned} \ln Y_t &= \ln Y_2 + K_g(T_t - T_2) & (2 - 2) \\ K_g &= \text{อัตราการเปลี่ยนแปลงประชากรแบบเรขาคณิต} \\ &= (\ln Y_2 - \ln Y_1)/(T_2 - T_1) \end{aligned}$$

### 2.7.3 วิธีโตแบบชลอตัวหรือแบบอัตราที่ลดลง

วิธีนี้ตั้งสมมติฐานว่าจำนวนประชากรเปลี่ยนแปลงแบบชลอตัวและในอนาคตจำนวนประชากรจะคงที่วิธีนี้เหมาะกับชุมชนเดิมที่มีความเจริญแล้ว ซึ่งมีการขยายตัวถึงจุดอิ่มตัวและกำลังเปลี่ยนแปลงมาตรฐานความเป็นอยู่หรือมีการปรับโครงสร้างลดความแออัด (urban-renewal) การคาดการณ์จำนวนประชากรด้วยวิธีนี้แสดงดังสมการที่ 2 - 3

$$\begin{aligned} Y_t &= Y_2 + (Z - Y_2)(1 - e^{-K_d(T_t - T_2)}) & (2 - 3) \\ Z &= [2Y_0Y_1Y_2 - Y_1^2(Y_0 + Y_2)]/(Y_0Y_2 - Y_1^2) \\ K_d &= \text{อัตราการเปลี่ยนแปลงประชากรด้วยอัตราที่ลดลง} \\ &= \{-\ln[(Z - Y_2)/(Z - Y_1)]\}/(T_2 - T_1) \\ Y_0 &= \text{จำนวนประชากรในปีอดีตก่อน } T_1 \\ T_0 &= \text{ปีในอดีตก่อน } T_1 \end{aligned}$$

#### 2.7.4 วิธีโตแบบเส้นโค้งรูปเอส

วิธีนี้ตั้งสมมติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรมีความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นโค้งรูปเอส วิธีนี้เหมาะกับชุมชนหรือเมืองใหม่และคาดการณ์ที่ระยะยาวจนถึงระดับที่เมืองหยุดโตหรือถึงจุดอิ่มตัว การคาดการณ์จำนวนประชากรด้วยวิธีนี้แสดงดังสมการที่ 2 - 4

$$\begin{aligned} Y_t &= Z/(1+ae^{b(T_t - T_0)}) & (2 - 4) \\ a &= (Z - Y_0)/Y_0 \\ b &= (1/n) \ln\{Y_0(Z - Y_1)/Y_1(Z - Y_0)\} \\ n &= \text{ค่าคงที่ช่วงระยะปีระหว่าง } T_0, T_1 \text{ และ } T_2 \end{aligned}$$

#### 2.7.5 วิธีเปรียบเทียบ

วิธีการนี้เป็นการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรโดยการเปรียบเทียบกับเมืองหรือชุมชนอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกันทั้งในด้านกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม

#### 2.7.6 วิธีเทียบสัดส่วน

วิธีนี้เป็นการตั้งสมมติฐานว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงประชากรในพื้นที่ย่อยมีความใกล้เคียงกับพื้นที่ในระดับสูงกว่า เช่น การตั้งสมมติฐานว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงประชากรของเทศบาลเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงประชากรในระดับอำเภอหรือจังหวัด เป็นต้น

### 2.8 อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย

ชุมชนในประเทศไทยที่มีระบบประปามีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 100 - 340 ลิตร/คน-วัน ซึ่งแปรผันตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น ภูมิอากาศ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ รายได้ของประชาชน ราคาน้ำประปา คุณภาพของน้ำประปา ความพร้อมของระบบประปา จำนวนประชากรแฝง นโยบายบริการของท้องถิ่น เป็นต้น ดังนั้นการกำหนดอัตราการใช้น้ำควรเป็นหน้าที่ของวิศวกรที่ปรึกษา ซึ่งจะต้องสำรวจและเก็บข้อมูลในชุมชนนั้น ๆ ข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณการใช้ (เช่น น้ำประปา น้ำบาดาล น้ำบ่อ เป็นต้น) และจำนวนประชากร (จากทะเบียนราษฎร) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งสามารถคำนวณหาอัตราการใช้ (ในแต่ละปี) ได้โดยการนำปริมาณการใช้หารด้วยจำนวนประชากรของชุมชน ส่วนอัตราการใช้ในอนาคตสามารถคาดการณ์ได้โดยการวิเคราะห์จากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ตั้งแต่ปีในอดีตจนถึงปัจจุบัน

หากการหาอัตราการใช้เฉลี่ยใช้วิธีคำนวณจากจำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร จะทำให้ชุมชนที่มีกิจกรรมสูงหรือมีจำนวนประชากรแฝงและประชากรจรสูง (เช่น เมืองท่องเที่ยว เป็นต้น) มีอัตราการใช้สูง เนื่องจากอัตราการใช้เฉลี่ยดังกล่าวย่อมนับรวมถึงปริมาณการใช้ของ ประชากรแฝงอยู่ด้วย

ข้อควรระวังในการหาปริมาณการใช้น้ำจากข้อมูลน้ำประปา คือ ควรคำนวณจากปริมาณน้ำขายหรือจากมาตรวัดของผู้ใช้น้ำ ถ้าหาปริมาณน้ำใช้จากกำลังการผลิตของโรงงานผลิตน้ำประปาต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำรั่วไหลในระบบจ่ายน้ำด้วย

## 2.9 อัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ย

น้ำเสียชุมชนก็น้ำทิ้งที่เกิดจากการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน อัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของชุมชน แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเกิดน้ำเสียย่อมน้อยกว่าอัตราการใช้น้ำ เนื่องจากน้ำทิ้งบางส่วนจะไม่ไหลเข้าระบบรวบรวมน้ำเสีย เช่น การรดน้ำต้นไม้ น้ำรั่วซึมจากระบบท่อ เป็นต้น สัดส่วนอัตราการเกิดน้ำเสียต่ออัตราการใช้น้ำสำหรับประเทศไทยยังไม่มีงานวิจัยหรือข้อมูลที่ชัดเจน แต่จากเอกสารทางวิชาการของต่างประเทศและค่าที่นิยมใช้กันในอดีตของประเทศไทย มักกำหนดอัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80 ของอัตรา การใช้น้ำเฉลี่ย ซึ่งก็ให้ผลเป็นที่พึงใจได้ตลอดมา ดังนั้นในเบื้องต้นนี้ควรกำหนดใช้สัดส่วนดังกล่าวไปก่อน และอาจปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงสัดส่วนดังกล่าวในอนาคตเมื่อมีงานวิจัยหรือมีข้อมูลเพียงพอ

## 2.10 อัตราน้ำรั่วซึม/น้ำไหลเข้าท่อ (infiltration/inflow, I/I)

น้ำรั่วซึมเข้าท่อ หมายถึง น้ำใต้ดินที่รั่วซึมเข้าระบบรวบรวมน้ำเสีย เนื่องจากรอยแตกหรือรอยต่อของท่อและผ่านผนังของบ่อตรวจ (manhole) ส่วนน้ำไหลเข้าท่อ หมายถึง น้ำฝนที่ไหลเข้าสู่ท่อน้ำเสีย (ระบบท่อระบายแยก) หรือท่อคักน้ำเสีย (ระบบท่อระบายรวม) ซึ่งอาจเกิดจากท่อระบายน้ำฝนจากอาคารบรรจบกับท่อน้ำเสียหรือน้ำฝนไหลล้นเข้าทางฝาของบ่อตรวจ

เนื่องจากอัตราน้ำรั่วซึมเข้าท่อจะทำให้อัตราไหล (ของน้ำเสีย) เพิ่มขึ้น (ดูจากหัวข้อที่ 2.11) จึงทำให้ท่อรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งทำให้งบประมาณการก่อสร้างและดำเนินการสูงขึ้นโดยใช้เหตุ ผู้ออกแบบจึงควรเลือกชนิดท่อซึ่งสามารถป้องกันหรือลดปริมาณน้ำใต้ดินรั่วซึมเข้าระบบท่อได้ เช่น การเชื่อมต่อแบบมีแหวนยางอัด ฝาปิดบ่อตรวจแบบป้องกันน้ำรั่วซึมเข้า เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยยังไม่มีงานวิจัยหรือข้อมูลที่ชัดเจนสำหรับการกำหนดอัตราส่วนน้ำรั่วซึมเข้าท่อ แต่ในอดีตมักกำหนดอัตราน้ำรั่วซึมเข้าท่อเท่ากับร้อยละ 20 ของอัตราการเกิดน้ำเสีย ดังนั้นในเบื้องต้นนี้ให้กำหนดใช้สัดส่วนดังกล่าวไปก่อน และต้องปรับปรุงสัดส่วนดังกล่าวในอนาคตเมื่อมีงานวิจัย หรือมีข้อมูลเพียงพอ

## 2.11 อัตราไหลน้ำเสีย

ในทางปฏิบัติอัตราไหลน้ำเสียแปรผันตามลักษณะการใช้น้ำของชุมชนในแต่ละวันหรือฤดูกาล ดังนั้นผู้ออกแบบต้องศึกษาลักษณะการแปรผันอัตราไหลของแต่ละชุมชน และต้องออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่อัตราไหลทุกสภาวะการณ์ เช่น อัตราไหลรายวันเฉลี่ย (average daily flow,  $Q_{avg}$ ) อัตราไหลรายวันสูงสุด (maximum daily flow,  $Q_{max.d}$ ) อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด (maximum hourly flow,  $Q_{max.h}$ ) และ อัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุด (minimum hourly flow,  $Q_{min.h}$ ) เป็นต้น รายละเอียดของอัตราไหลที่สภาวะต่าง ๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

### 2.11.1 อัตราไหลรายวันเฉลี่ย

อัตราไหลรายวันเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่อวัน ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของอัตราไหลทั้งปี โดยส่วนใหญ่ มักใช้อัตราไหลรายวันเฉลี่ยนี้สำหรับการคำนวณงบประมาณในการเดินระบบ เช่น ปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ต้องชำระ ปริมาณสลัดจ์ที่จะต้องกำจัด เป็นต้น คำว่า “อัตราไหลรายวันเฉลี่ย” มักใช้กับระบบรวบรวมน้ำเสียแบบท่อระบายแยก ซึ่งมีท่อน้ำเสียแยกกับท่อระบายน้ำฝน และมีเฉพาะน้ำเสีย (และน้ำใต้ดินบางส่วน) เท่านั้นที่ถูกรวบรวมเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ แม้ในขณะฝนตกก็ตาม แต่ถ้าเป็นแบบท่อระบายรวมควรใช้คำว่า “อัตราไหลในหน้าแล้งหรือดีดบิลยูเอฟ” (dry weather flow; DWF) จะเหมาะสมกว่า ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นเฉพาะในหน้าแล้งเท่านั้น เนื่องจากในฤดูฝนนอกจากน้ำเสียแล้ว จะมีน้ำฝนส่วนหนึ่งถูกรวบรวมเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย ดังที่กล่าวแล้วอาจมีน้ำใต้ดินส่วนหนึ่งรั่วซึมเข้าที่รวบรวมน้ำเสีย (จากหัวข้อที่ 2.10) ดังนั้นอัตราการไหลรายวันเฉลี่ยจะเท่ากับผลรวมของอัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยกับอัตราน้ำรั่วซึมเข้าที่

### 2.11.2 อัตราไหลรายวันสูงสุด

อัตราไหลรายวันสูงสุดเป็นปริมาณน้ำเสียสูงสุดที่เกิดขึ้นใน 1 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราไหลรายวันเฉลี่ย (ตลอดปี) ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบหน่วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำต่าง ๆ เช่น ถังเติมอากาศ ถังทำใส เป็นต้น

การหาอัตราไหลรายวันสูงสุดมักคำนวณจากสัดส่วนระหว่างอัตราไหลรายวันสูงสุดต่ออัตราไหลรายวันเฉลี่ย (ตลอดปี) ซึ่งเรียกว่า “ตัวคูณอัตราไหลรายวันสูงสุด” (daily peak factor)

สำหรับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยควรกำหนดตัวคูณอัตราไหลรายวันสูงสุดเท่ากับ 1.1 - 1.2 ขึ้นอยู่กับสภาพทั่วไปของชุมชน แต่โดยปกติถ้าเป็นชุมชนที่มีกิจกรรมสูง เช่น เมืองท่องเที่ยว เมืองที่มีสถานศึกษา (มหาวิทยาลัย) ฯลฯ จะมีอัตราการใช้น้ำสูงในฤดูท่องเที่ยว (เมืองท่องเที่ยว) หรือในช่วงที่เปิดเรียน (มหาวิทยาลัย) ดังนั้น ควรกำหนดตัวคูณอัตราไหลรายวันสูงสุดเท่ากับ 1.2 แต่ถ้าเป็นชุมชนโดยทั่วไป ซึ่งไม่ค่อยมีกิจกรรมมากนักควรกำหนดตัวคูณอัตราไหลรายวันสูงสุดเท่ากับ 1.1

### 2.11.3 อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด

ถ้าชุมชนมีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายแยก อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดหมายถึง ปริมาณน้ำเสียสูงสุดที่เกิดขึ้นใน 1 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราไหลรายวันเฉลี่ย (ตลอดปี) แต่ถ้าชุมชนมีระบบรวบรวมน้ำเสียแบบท่อระบายรวม อัตราไหลน้ำเสียรายชั่วโมงสูงสุดหมายถึงอัตราไหลน้ำเสียบนน้ำฝนสูงสุดที่จะยอมให้เข้าสู่หน่วยกระบวนการต่าง ๆ ในขณะฝนตก

อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดมีความสำคัญต่อการออกแบบทางศาสตร์ของหน่วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น ที่รวบรวมน้ำเสีย สถานีสูบ/ยกระดับน้ำเสีย เครื่องวัดอัตราไหล ถังดักกรวดทราย เป็นต้น

การหาอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดมักคำนวณจากสัดส่วนระหว่างอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดต่ออัตราไหลรายวันเฉลี่ย (ตลอดปี) ซึ่งเรียกว่า “ตัวคูณอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด” (hourly peak factor) แต่ถ้าชุมชนมีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวมมักกำหนดอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดเป็นจำนวนเท่าของอัตราไหลในหน้าแล้ง (หรือดีดบิลยูเอฟ)

ประเทศไทยยังไม่มีงานวิจัยหรือข้อมูลที่ชัดเจนในการกำหนดตัวคุณอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด แต่จากการรวบรวมข้อมูลในภาคสนามในหน้าแล้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนไทยที่กำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบันจำนวน 4 แห่ง ในปี พ.ศ.2543 และ 2544 พบว่า มีตัวคุณอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด อยู่ในช่วง 1.6 - 1.8 ขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรในพื้นที่บริการหรืออัตราไหลรายวันเฉลี่ย แต่เนื่องจาก ข้อมูลที่รวบรวมได้นั้นน้อยมาก จึงต้องมีการวิจัยเพิ่มเติม เพื่อปรับปรุงตัวเลขดังกล่าวในอนาคต

การกำหนดตัวคุณอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดของแต่ละชุมชนควรเป็นหน้าที่ของวิศวกรที่ปรึกษาโดยการสำรวจและเก็บข้อมูลในชุมชนนั้น ๆ หรือจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม ควรระมัดระวังอย่างยิ่งถ้าอ้างอิงตัวเลขจากเอกสารทางวิชาการของต่างประเทศ เนื่องจากสภาพท้องถิ่น และพฤติกรรมการใช้น้ำแตกต่างจากชุมชนของประเทศไทย

#### 2.11.4 อัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุด

อัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุดเป็นปริมาณน้ำเสียต่ำสุดที่เกิดขึ้นใน 1 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราไหลรายวันเฉลี่ย (ตลอดปี) ซึ่งมีความสำคัญต่อการตรวจสอบทางชลศาสตร์ของหน่วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น ท่อรวบรวมน้ำเสีย เครื่องวัดอัตราไหล สถานีสูบน้ำเสีย ระบบป้อนสารเคมี เป็นต้น

การหาอัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุดมักคำนวณจากสัดส่วนระหว่างอัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุดต่ออัตราไหลรายวันเฉลี่ย ซึ่งขอเรียกว่า “ตัวคุณอัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุด”

สำหรับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยควรกำหนดตัวคุณอัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุดเท่ากับ 0.5 - 0.7 ขึ้นอยู่กับสภาพทั่วไปของชุมชน

#### 2.12 ลักษณะน้ำเสียชุมชน

ลักษณะน้ำเสียชุมชนมีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะกระบวนการทางชีวภาพ ผู้ออกแบบสามารถทราบลักษณะน้ำเสียชุมชนได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียของชุมชนและวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ การเก็บตัวอย่างน้ำเสียควรเก็บแบบผสมรวม (composite sampling) และควรเก็บหลายจุดและหลายครั้งตามประเภทของแหล่งกำเนิดน้ำเสียในชุมชน โดยเฉพาะแหล่งกำเนิดน้ำเสียขนาดใหญ่ของชุมชนเพื่อให้ได้มาซึ่งตัวแทนของน้ำเสียชุมชนที่แท้จริง

ในกรณีที่เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากท่อระบายของชุมชน ควรคำนึงผลจากการเจือจางด้วยน้ำใต้ดินหรือจากแหล่งอื่นที่รั่วซึมเข้าท่อด้วย ซึ่งจะทำให้ความเข้มข้นของน้ำเสียที่วิเคราะห์ได้นั้นต่ำกว่าความเป็นจริง ผู้ออกแบบสามารถสังเกตได้จากความเข้มข้นของทีเคเอ็นหรือคลอไรด์ (ในน้ำเสีย) โดยปกติน้ำเสียชุมชนควรมีความเข้มข้นของทีเคเอ็น (ในรูปไนโตรเจน) ประมาณ 20 - 40 มก./ล. และมีความเข้มข้นของคลอไรด์ ประมาณ 40 - 60 มก./ล. (ซึ่งจะมีค่ามากกว่าในน้ำประปาเล็กน้อย) ดังนั้นถ้าน้ำเสียมีค่าทีเคเอ็นต่ำกว่าปกติหรือมีค่าคลอไรด์ต่ำกว่าหรือสูงกว่าปกติ อาจจะบ่งชี้ว่าตัวอย่างน้ำดังกล่าว น่าจะถูกเจือจางด้วยน้ำจากแหล่งอื่น เช่น น้ำใต้ดิน น้ำทะเล เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียต้องใช้งบประมาณสูงมาก ดังนั้นวิธีนี้อาจเหมาะสมกับเฉพาะโครงการที่มีขนาดใหญ่และมีงบประมาณเพียงพอ ส่วนโครงการที่มีงบประมาณจำกัด สามารถอ้างอิงลักษณะน้ำเสียตามเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องหรืออ้างอิงตามผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียของชุมชนอื่นที่สภาพท้องถิ่นใกล้เคียงกัน

ลักษณะน้ำเสียชุมชนโดยทั่วไปของประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 2.2 ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี ดังรูปที่ 2.2 กรณีแรกเป็นชุมชนเก่าที่มีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวมและมีบ่อเกรอะบำบัดน้ำเสียสัวก่อนระบายของเหลวส่วนบนลงสู่ท่อระบายรวม ในขณะที่น้ำเสียอื่นๆจะถูกระบายลงสู่ท่อระบายรวมโดยตรง ส่วนกรณีที่ 2 เป็นชุมชนใหม่ที่มีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายแยกน้ำเสียสัวก และน้ำเสียอื่นๆจะถูกระบายลงสู่ท่อน้ำเสียโดยตรง โดยท่อน้ำเสียจะถูกออกแบบให้น้ำเสียไหลด้วยความเร็วล้างตัวเอง (self-cleansing velocity)

(หมายเหตุ – โดยทั่วไประบบท่อระบายแยกอาจมีหรือไม่มีบ่อเกรอะบำบัดน้ำเสียสัวกก็ได้ แต่ในเกณฑ์แนะนำการออกแบบฯ เล่มนี้จะเสนอเฉพาะลักษณะน้ำเสียของชุมชนที่ไม่มีบ่อเกรอะ)

## 2.13 มาตรฐานน้ำทิ้ง

ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนโดยเฉพาะ อย่างไรก็ตามทางกรมควบคุมมลพิษกำลังพิจารณาและจะประกาศมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนในอนาคตข้างหน้า

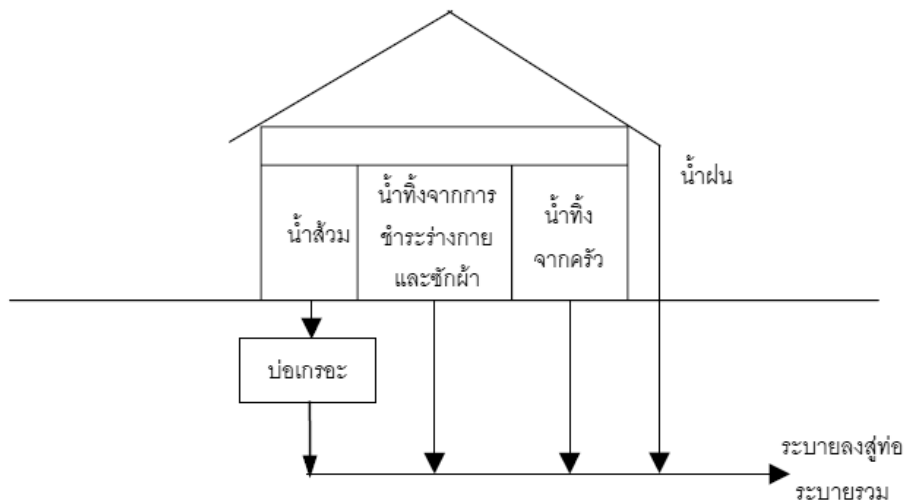
ดังนั้นในปัจจุบันนี้ต้องกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก.(ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด พ.ศ. 2548) ไปก่อน ดังตารางที่ 2.3 แต่เมื่อมีการประกาศใช้มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน ผู้ออกแบบต้องอ้างอิงตามประกาศดังกล่าว

ในกรณีที่ต้องการนำน้ำทิ้งกลับไปใช้ประโยชน์สำหรับเกษตรกรรม โดยระบายน้ำทิ้งลงสู่คลองชลประทาน ผู้ออกแบบต้องกำหนดให้ระบบสามารถผลิตน้ำทิ้งได้ตามมาตรฐานควบคุมระบายน้ำทิ้งลงทางน้ำชลประทาน หรือทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทาน ตามคำสั่งกรมชลประทานที่ 883/2532 และต้องขออนุญาตต่อหน่วยงานผู้รับผิดชอบด้วย

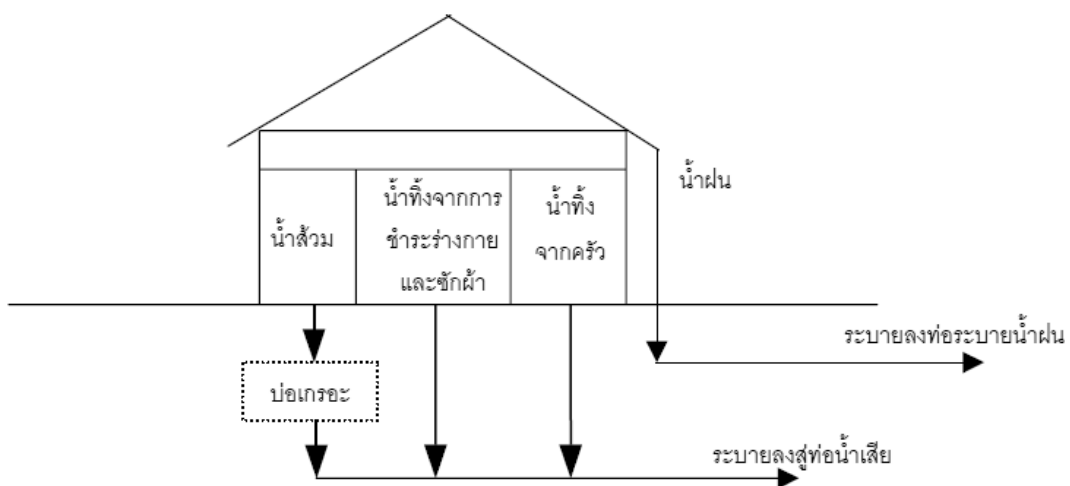
### ตารางที่ 2.2 ลักษณะน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย

| ประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย | ลักษณะน้ำเสีย (มก./ล.) |                |                     |           |
|----------------------------|------------------------|----------------|---------------------|-----------|
|                            | บีโอดี                 | ของแข็งแขวนลอย | ทีเคเอ็น - ไนโตรเจน | ฟอสฟอรัส  |
| ท่อระบายรวม                | 65 – 110 (80)          | 40 – 110 (80)  | 10 – 40 (30)        | 1 – 6 (4) |
| ท่อระบายแยก                | (160)                  | (160)          | 10 – 40 (30)        | 1 – 6 (4) |

( ) เป็นค่าแนะนำ



กรณีที่ 1 ชุมชนเก่า ซึ่งมีระบบรวบรวมน้ำเสียแบบท่อระบายรวมและมีบ่อเกรอะบำบัดน้ำเสียส้วมก่อน



กรณีที่ 2 ชุมชนใหม่ ซึ่งมีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายแยก

## รูปที่ 2.2 ระบบรวบรวมน้ำเสียของชุมชนใหม่และชุมชนเก่า

(หมายเหตุ – เส้นประ หมายถึง อาจมีหรือไม่มีกระบวนการดังกล่าวก็ได้ ซึ่งในทางปฏิบัติระบบรวบรวมน้ำเสียแบบแยกอาจแบ่งเป็น 2 กรณี คือ แบบมีบ่อเกรอะบำบัดน้ำเสียส้วมก่อนระบายของเหลวส่วนบนลงสู่ท่อรวบรวมน้ำเสีย และแบบที่ไม่มีบ่อเกรอะ ซึ่งระบายน้ำส้วมลงสู่ท่อรวบรวมน้ำเสียโดยตรง)



**ตารางที่ 2.3** มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก.

| ดัชนีคุณภาพน้ำ                                    | หน่วย  | เกณฑ์สูงสุด |
|---|--------|-------------|
| 1. ความเป็นกรดต่าง (pH)                           | -      | 5 - 9       |
| 2. บีโอดี (BOD)                                   | มก./ล. | 20          |
| 3. ปริมาณของแข็ง                                  |        |             |
| - สารแขวนลอย (suspended solids)                   | มก./ล. | 30          |
| - ตะกอนหนัก (settleable solids)                   | มก./ล. | 0.5         |
| - สารที่ละลายได้ทั้งหมด *(total dissolved solids) | มก./ล. | 500         |
| 4. ซัลไฟด์ (sulfide)                              | มก./ล. | 1.0         |
| 5. ทีเคเอ็น (TKN)                                 | มก./ล. | 35          |
| 6. น้ำมันและไขมัน (fat oil and grease)            | มก./ล. | 20          |

\* เป็นค่าที่เพิ่มจากสารละลายในน้ำใช้ตามปกติ

ที่มา: ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (พ.ศ. 2548)

## 2.14 การเลือกแนวทางที่เหมาะสม

เมื่อผู้ออกแบบสำรวจข้อมูลและกำหนดค่าออกแบบของหน่วยกระบวนการต่าง ๆ แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการศึกษาหาแนวทางหรือวิธีในการจัดการน้ำเสียชุมชน (จนถึงปีเป้าหมาย) ที่น่าจะเป็นไปได้ตามหลักการทางวิศวกรรม เช่น ที่ตั้งโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ประเภทและผังท่อของระบบรวบรวมน้ำเสีย ประเภทและแผนภาพการไหลของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เป็นต้น ซึ่งในเบื้องต้น ผู้ออกแบบต้องพิจารณาแนวทางที่มีความเป็นไปได้มากกว่า 1 แนวทาง และทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแต่ละแนวทางเพื่อคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมต่อไป ซึ่งมีข้อพิจารณาดังนี้

- แนวทางที่เหมาะสมต้องเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพและสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งตลอดจนถึงปีเป้าหมาย
- แนวทางที่เหมาะสมต้องเป็นแนวทางซึ่งมีค่าใช้จ่ายตลอดโครงการต่ำสุด ค่าใช้จ่ายดังกล่าวจะประกอบด้วย ค่าที่ดิน ค่าก่อสร้าง ค่าดำเนินการเดินระบบ ค่าบำรุงรักษา ดอกเบี้ย และค่าเสื่อมราคา รวมทั้งค่าชดเชยหรือลดผลกระทบด้านต่างๆ เช่น การเวนคืนที่ดิน ค่าสูญเสียโอกาสของชาวบ้านในท้องถิ่น เป็นต้น ถึงแม้ว่าบางแนวทางซึ่งใช้ที่ดินสาธารณะประโยชน์ (ไม่ต้องซื้อที่ดิน) ผู้ออกแบบก็ควรประเมินราคาที่ดินดังกล่าวเป็นค่าใช้จ่ายเพื่อเปรียบเทียบกับแนวทางอื่นซึ่งต้องซื้อที่ดินจากเอกชนด้วย
- แนวทางที่เหมาะสมต้องเป็นแนวทางที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

ระบบรวบรวมน้ำเสียชุมชนทำหน้าที่รวบรวมน้ำเสียที่เกิดจากชุมชนหรือพื้นที่บริการไปบำบัดที่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนระบายทิ้งลงสู่แหล่งรับน้ำ เพื่อป้องกันปัญหามลพิษทางน้ำและปัญหาทางด้านสาธารณสุขของชุมชน ส่วนระบบระบายน้ำฝนทำหน้าที่ระบายน้ำฝนหรือน้ำท่า (runoff) ลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรงเพื่อป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมขัง บทนี้จะกล่าวถึงประเภทของระบบองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเกณฑ์การออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียและระบบระบายน้ำฝน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

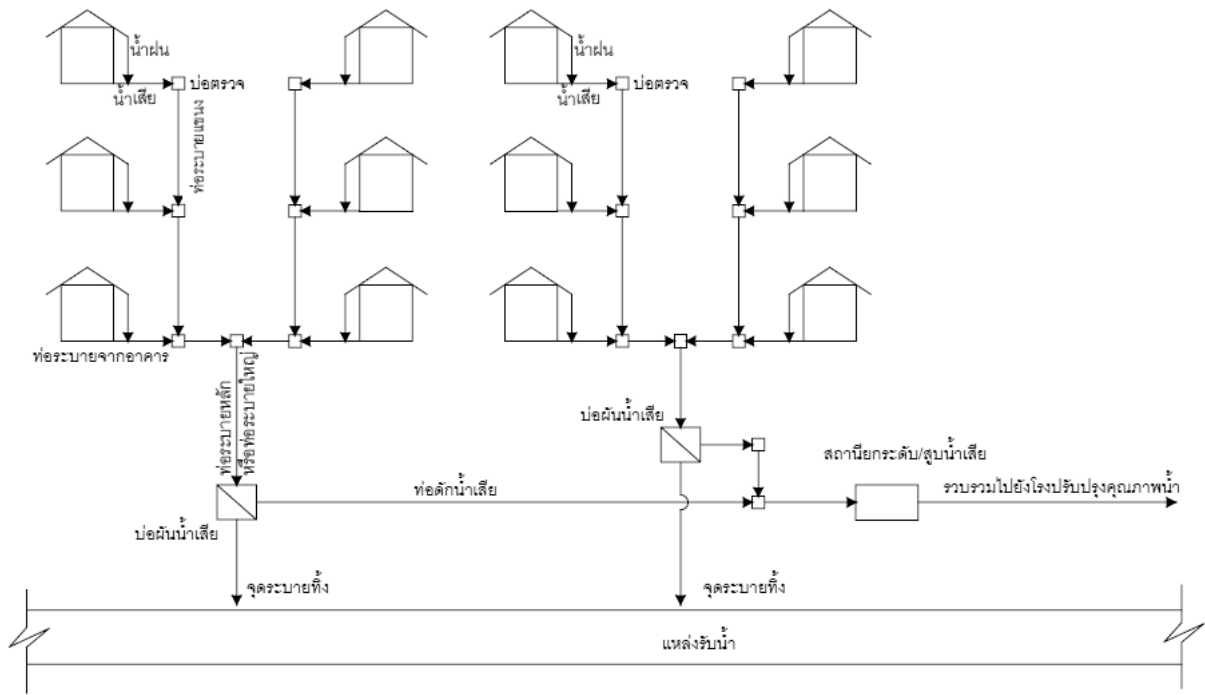
### 3.1 ประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย

#### 3.1.1 ระบบท่อระบายรวม (combined sewer system)

ระบบท่อระบายรวมเป็นระบบที่เหมาะสมกับชุมชนเก่าที่มีพื้นที่ในการวางท่ออย่างจำกัด เป็นระบบที่รวบรวมทั้งน้ำฝนและน้ำเสียภายในท่อเดียวกัน ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ท่อระบายรวม (combined sewer) บ่อผันน้ำเสีย (combined sewer overflow structure; CSOs) และท่อดักน้ำเสีย (intercepting sewer) ดังรูปที่ 3.1 กรณีฝนไม่ตก บ่อผันน้ำเสียจะดักน้ำเสียทั้งหมด (จากท่อระบายรวม) เข้าสู่ท่อดักน้ำเสียเพื่อลำเลียงไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนต่อไป ส่วนในกรณีฝนตก ท่อระบายรวมจะรวบรวมทั้งน้ำเสียและน้ำฝนทั้งหมดเข้าสู่บ่อผันน้ำเสีย แต่ที่บ่อผันน้ำเสียนี้ น้ำเสียซึ่งถูกเจือจางกับน้ำฝน (จนค่าสารมลพิษไม่เกินค่ากำหนดในมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง) ส่วนหนึ่งจะถูกระบายลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรง และน้ำเสียปนน้ำฝนที่เหลือจะไหลเข้าสู่ท่อดักน้ำเสียเพื่อลำเลียงไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนต่อไป

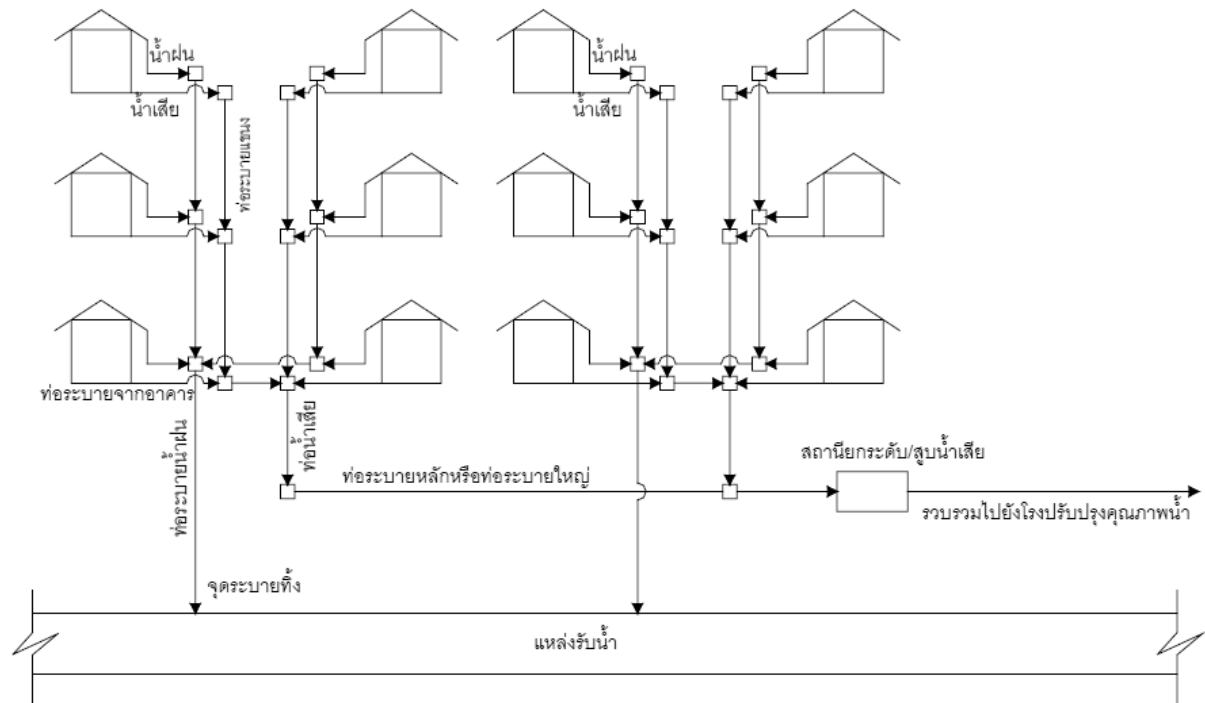
#### 3.1.2 ระบบท่อระบายแยก (separate sewer system)

ระบบท่อระบายแยกเป็นระบบที่เหมาะสมกับชุมชนใหม่ ซึ่งเป็นระบบที่ประกอบด้วยท่อ 2 ชนิด ได้แก่ ท่อระบายน้ำฝน (storm drain) และท่อน้ำเสีย (sanitary sewer) ดังรูปที่ 3.2 ท่อระบายน้ำฝนจะทำหน้าที่ระบายน้ำฝนออกจากชุมชนเพื่อป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมขัง ส่วนท่อน้ำเสีย ทำหน้าที่ระกักกันไม่ให้ น้ำเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยรวบรวมน้ำเสียทั้งหมดเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำต่อไป



รูปที่ 3.1 ระบบท่อระบายรวม

(หมายเหตุ - ท่อที่รับน้ำเสียจากบ่อน้ำเสียและรวบรวมเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ เรียกว่า “ท่อคั่นน้ำเสีย”)



รูปที่ 3.2 ระบบท่อระบายแยก

## 3.2 ข้อพิจารณาในการเลือกประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย

### 3.2.1 สภาพของชุมชน

ระบบท่อระบายรวมเหมาะสำหรับชุมชนเก่าซึ่งมีประชากรหนาแน่นและมีพื้นที่อย่างจำกัดในการวางท่อ ส่วนระบบท่อระบายแยกเหมาะกับชุมชนใหม่ซึ่งยังมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการวางท่อแยก ระหว่างท่อน้ำเสียและท่อระบายน้ำฝน

### 3.2.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ในขณะที่ฝนตกที่ความเข้มข้นสูงถึงค่าหนึ่ง ระบบท่อระบายรวมจะต้องระบายน้ำเสียส่วนหนึ่งที่เจือจางด้วยน้ำฝนแล้วลงสู่แหล่งน้ำรับน้ำโดยตรง จึงอาจทำให้แหล่งรับน้ำมีปัญหามลพิษทางน้ำได้ โดยเฉพาะในกรณีฝนตกครั้งแรก (first flush) ซึ่งจะมีเศษขยะต่าง ๆ หรือของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนในท่อ (ในหน้าแล้ง) ถูกทำให้ลอยฟุ้งขึ้นและถูกระบายลงสู่แหล่งรับน้ำได้

### 3.2.3 งบประมาณการลงทุน

ผู้ออกแบบควรเปรียบเทียบงบประมาณการก่อสร้างและการดำเนินการโดยรวมของโครงการ ก่อนคัดเลือกประเภทระบบรวบรวมที่เหมาะสม โดยปกติระบบท่อระบายรวมไม่ต้องก่อสร้างท่อใหม่ทั้งหมด เพียงแต่ก่อสร้างบ่อผันน้ำเสียและท่อดักน้ำเสียเพื่อรวบรวมน้ำเสียจากท่อระบายเดิมไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน อย่างไรก็ตามองค์ประกอบอื่นๆของระบบท่อระบายรวมนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าระบบท่อระบายแยก เช่น ท่อ สถานีสูบน้ำเสีย บ่อตรวจ ตลอดจนขนาดของโรงปรับปรุง คุณภาพน้ำ ฯลฯ ส่วนระบบท่อระบายแยกต้องมีการก่อสร้างท่อใหม่ทั้งหมด รวมทั้งต้องปรับปรุงระบบ ท่อภายในอาคารอีกด้วย

### 3.2.4 ความเข้าใจของประชาชน

ประชาชนต้องมีความรู้และความเข้าใจการทำงานของระบบ โดยเฉพาะระบบท่อระบายแยก ซึ่งต้องมีการแยกบรรจบท่อจากอาคารเข้ากับท่อระบายน้ำฝนและท่อน้ำเสียของชุมชน ถ้ามีการบรรจบท่อผิดพลาด จะทำให้น้ำเสียบางส่วนถูกระบายลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรง ดังนั้นเจ้าของโครงการต้องจัดระบบงบประมาณสำหรับการประชาสัมพันธ์ในส่วนนี้ไว้ด้วย

### 3.2.5 ความเร็วการไหลในท่อ

ระบบท่อระบายรวมมีท่อขนาดใหญ่กว่าท่อน้ำเสีย (ของระบบท่อระบายแยก) เนื่องจากต้องออกแบบเพื่อการระบายน้ำท่าในขณะฝนตก จึงเป็นการยากที่จะออกแบบให้น้ำเสียไหลด้วยความเร็วล้างตัวเอง (self-cleaning velocity) ได้ทุกสภาวะ โดยเฉพาะในช่วงที่ฝนไม่ตก ดังนั้นอาจทำให้ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียตกตะกอนและถูกย่อยสลายในท่อได้ ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นจะทำให้อายุการใช้งานของท่อนั้นสั้นกว่าที่ควร

### 3.2.6 ความยากง่ายในการควบคุมระบบ

ระบบท่อระบายรวมจะมีอัตราไหลน้ำเสียแปรผันในช่วงกว้าง เนื่องจากในขณะฝนตกจะมีปริมาณน้ำฝนบางส่วนถูกรวบรวมเข้าโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย จึงทำให้การควบคุมเดินระบบยาก ในขณะที่ระบบท่อระบายแยกมีเฉพาะน้ำเสียเท่านั้นที่ถูกรวบรวมเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ จึงทำให้อัตราไหลน้ำเสียแปรผันในช่วงแคบกว่าและทำให้การควบคุมเดินระบบง่ายกว่า

### 3.2.7 การวางแผนผังเมือง

ระบบท่อระบายแยกมีข้อดีกว่าระบบท่อระบายรวม ทั้งในแง่ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความง่ายในการควบคุมเดินระบบ (ของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ) แต่ชุมชนเก่าโดยทั่วไปมักมีพื้นที่อย่างจำกัดในการวางท่อแยก เนื่องจากไม่มีการวางแผนสำหรับใช้ประโยชน์ที่ดินไว้ล่วงหน้า จึงทำให้มีการโอบแบบไม่เป็นระเบียบ ดังนั้นชุมชนใหม่จะต้องมีการวางแผนผังเมืองและต้องกันพื้นที่ไว้ล่วงหน้า จึงจะทำให้การก่อสร้างระบบท่อระบายแยกมีความเป็นไปได้

## 3.3 องค์ประกอบของระบบรวบรวมน้ำเสีย

### 3.3.1 ท่อ

#### 3.3.1.1 ท่อระบายจากอาคาร (building sewer)

ท่อระบายจากอาคาร คือ ท่อระบายน้ำทั้งหรือท่อระบายน้ำฝนจากอาคารที่บรรจบกับท่อระบายแขนงของระบบรวบรวมน้ำเสียหรือระบบระบายน้ำฝนของชุมชน

#### 3.3.1.2 ท่อระบายแขนง (lateral sewer)

ท่อระบายแขนง คือ ท่อที่รับน้ำจากท่อระบายจากอาคารหรือกลุ่มอาคารเพื่อรวบรวมเข้าสู่ท่อระบายหลัก

#### 3.3.1.3 ท่อระบายหลัก (main sewer)

ท่อระบายหลักหรือท่อระบายใหญ่ (trunk sewer) คือ ท่อระบายที่รับน้ำจากท่อระบายแขนงและรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ระบบท่อระบายแยก) หรือท่อดักน้ำเสีย (ระบบท่อระบายรวม) หรือระบายลงสู่แหล่งรับน้ำ (ระบบระบายน้ำฝน)

#### 3.3.1.4 ท่อดักน้ำเสีย (intercepting sewer)

ท่อดักน้ำเสียเป็นท่อที่ใช้เฉพาะในระบบท่อระบายรวมเท่านั้น คือ ท่อที่รับน้ำเสียจากบ่อผันน้ำเสีย เพื่อรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน

### 3.3.1.5 ท่อหลักความดัน (force main)

ท่อหลักความดัน คือ ท่อที่ต่อจากสถานีสูบน้ำไปยังจุดรับน้ำโดยอาศัยแรงดันจากเครื่องสูบน้ำ

(หมายเหตุ – ในกรณีที่เป็ระบบท่อระบายรรมนั้น ท่อระบายรรม คือ ท่อระบายแขนง ท่อระบายหลัก และท่อตักน้ำเสีย แต่ท่อตักน้ำเสียจะหมายถึงท่อที่รับน้ำเสียหรือน้ำฝนจากบ่อผันน้ำเสียเท่านั้น ซึ่งในขณะฝนตกจะรับปริมาณน้ำฝนเพียงบางส่วนเท่านั้น ส่วนท่อระบายแขนงและท่อระบายหลัก จะรับน้ำเสียและน้ำฝนทั้งหมดและรวบรวมเข้าสู่บ่อผันน้ำเสียต่อไป)

### 3.3.2 บ่อผันน้ำเสีย

บ่อผันน้ำเสียเป็นองค์ประกอบที่มีเฉพาะในระบบท่อระบายรรมเท่านั้น ภายในบ่อมีอุปกรณ์แบ่งน้ำ เช่น ฝายน้ำล้น เป็นต้น ซึ่งในขณะฝนตกที่ความเข้มสูงถึงค่าหนึ่ง อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถแบ่งน้ำเสียปนน้ำฝนส่วนหนึ่งทิ้งลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรง ส่วนน้ำเสียปนน้ำฝนที่เหลือจะถูกรวบรวมเข้าสู่ท่อตักน้ำเสียและลำเลียงไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนต่อไป แต่ในกรณีที่ฝนไม่ตก อุปกรณ์ดังกล่าวจะรวบรวมน้ำเสียทั้งหมดจากท่อระบายรรมเข้าสู่ท่อตักน้ำเสีย

### 3.3.3 สถานีสูบน้ำเสีย

ท่อระบายน้ำฝนและท่อรวบรวมน้ำเสียมักออกแบบให้น้ำไหลด้วยแรงโน้มถ่วงเป็นหลัก เนื่องจาก เป็นการประหยัดพลังงานและงบประมาณในการเดินระบบ แต่มีบางกรณีที่มีสภาวะการณ์ไม่เหมาะสม กล่าวคือ ถ้าที่ตั้งโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำมีระดับสูงกว่าพื้นที่ในเขตชุมชนหรือต้องวางท่อเป็นระยะทางไกล ทำให้ต้องวางท่อที่ระดับความลึกมาก ซึ่งทำให้ก่อสร้างยากและมีงบประมาณในการก่อสร้างสูง ดังนั้น การก่อสร้างสถานีสูบน้ำ/ยกระดับน้ำเสียอาจมีความคุ้มค่ากว่า

### 3.3.4 บ่อตรวจ (manhole)

บ่อตรวจเป็นบ่อที่ติดตั้งเป็นระยะ ๆ ในระบบรวบรวมน้ำเสียและระบบระบายน้ำฝน ทำหน้าที่เป็นทางลงเพื่อให้เจ้าหน้าที่เข้าไปตรวจและซ่อมบำรุงหรือทำความสะอาดท่อ และอาจเป็นช่องทางให้น้ำฝนไหลเข้าระบบด้วย นอกจากนี้บ่อตรวจยังเป็นจุดบรรจบท่อในกรณีที่มีการเปลี่ยนขนาดท่อ เปลี่ยนความลาดหรือความลึกท่อ และเปลี่ยนทิศทางการไหล

### 3.3.5 หลุมรับน้ำ (catch basin)

หลุมรับน้ำมักใช้กับระบบระบายน้ำฝน มีจุดประสงค์เพื่อให้กรวดทรายในน้ำฝน (จากผิวถนน) จมตัวลงสู่ก้นบ่อก่อนที่น้ำใสส่วนบนจะไหลเข้าสู่ท่อระบายน้ำฝน ซึ่งเป็นการป้องกันท่ออุดตันหรือทำให้สามารถออกแบบหรือวางท่อให้มีความลาดลดลงได้ แต่ต้องใช้แรงงานและงบประมาณในการลอกหลุมรับน้ำบ้างเป็นครั้งคราว ลักษณะของหลุมรับน้ำคล้ายกับบ่อตรวจ แต่หลุมรับน้ำมีก้นบ่อต่ำกว่าท่อทางออก โดยทั่วไปในระบบรวบรวมน้ำเสียไม่นิยมใช้หลุมรับน้ำ เนื่องจากอาจทำให้สารอินทรีย์ในรูปของแข็ง จมตัวลงสู่ก้นหลุม ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นได้

### 3.3.6 ทางน้ำเข้าข้างถนน (street inlet)

ทางน้ำเข้าข้างถนนทำหน้าที่ระบายน้ำฝนจากผิวถนนลงสู่บ่อตรวจหรือหลุมรับน้ำ ซึ่งมีการติดตั้งตะแกรงดักขยะเพื่อป้องกันขยะเข้าไปอุดตันในท่อ

### 3.3.7 ท่อระบายลอด (depressed sewer)

ท่อระบายลอดเป็นท่อรวบรวมน้ำเสียหรือท่อระบายน้ำฝนที่ลอดผ่านสิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่น คลอง แม่น้ำ ถนน ทางรถไฟ เป็นต้น

### 3.3.8 จุดระบายทิ้ง (outfall)

จุดระบายทิ้ง คือ จุดปลายท่อระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งรับน้ำ อาจเป็นการระบายน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วหรือการระบายน้ำเสียที่ถูกเจือจางด้วยน้ำฝนแล้วจากบ่อผันน้ำเสีย จุดระบายทิ้งทำหน้าที่กระจายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งรับน้ำ ควรมีการปลูกหญ้าหรือวางหินเรียงหรือตาดคอนกรีตรอบ ๆ บริเวณจุดระบายน้ำทิ้งเพื่อป้องกันการกัดเซาะตลิ่ง ยกเว้นกรณีที่เป็นจุดระบายทิ้งในทะเล (ocean outfall)

### 3.3.9 บ่อตรวจโครก (flushing manhole)

บ่อตรวจโครกทำหน้าที่ผันน้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะเข้าสู่ระบบท่อเพื่อล้างหรือทำความสะอาดท่อ มักติดตั้งใกล้กับแหล่งน้ำที่มีแรงดันน้ำสูงพอจนสามารถผันเข้ามาทำความสะอาดท่อได้ โดยที่บ่อตรวจโครกจะต้องมีประตูน้ำเพื่อเปิดรับน้ำจากแหล่งน้ำเข้าสู่ระบบท่อ

## 3.4 อัตราไหลออกแบบ

### 3.4.1 ท่อน้ำเสีย

ท่อน้ำเสียทำหน้าที่รวบรวมเฉพาะน้ำเสียเท่านั้น ดังนั้นต้องออกแบบให้มีขีดความสามารถอย่างน้อยเท่ากับอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดที่ปีเป้าหมายโครงการ

### 3.4.2 ท่อระบายรวม (ก่อนบ่อผันน้ำเสีย)

ท่อระบายรวมซึ่งอยู่ก่อนบ่อผันน้ำเสียมีหน้าที่รวบรวมทั้งน้ำเสียและน้ำฝน (ในขณะฝนตก) ทั้งหมดเข้าสู่บ่อผันน้ำเสีย ดังนั้นต้องออกแบบให้มีขีดความสามารถเท่ากับอัตราไหลรวมระหว่างอัตราไหลน้ำท่าสูงสุดและอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดในหน้าแล้งที่ปีเป้าหมาย แต่โดยปกติอัตราไหลน้ำท่าสูงสุดจะมีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดในหน้าแล้ง จึงสามารถออกแบบท่อระบายรวมให้มีขีดความสามารถเท่ากับอัตราไหลน้ำท่าสูงสุดก็เพียงพอแก่การใช้งาน

### 3.4.3 ท่อดักน้ำเสีย

ท่อดักน้ำเสีย คือ ท่อที่รับน้ำเสียจากบ่อผ้น้ำเสียเพื่อลำเลียงเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำต่อไป การกำหนดขีดความสามารถของท่อดักน้ำเสียขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ต้องมากกว่าอัตราไหลรายชั่วโมง สูงสุดในหน้าแล้งที่ปีเป้าหมาย อัตราการเจือจางน้ำเสียด้วยน้ำฝนจนมีค่าความสกปรกไม่เกินมาตรฐาน น้ำทิ้ง งบประมาณการลงทุน ฯลฯ จากปัจจัยดังกล่าวผู้ออกแบบควรกำหนดขีดความสามารถ ของท่อดักน้ำเสียในประเทศไทยเท่ากับ 3 เท่าของอัตราไหลรายวันเฉลี่ยในหน้าแล้ง (ดีดับเบิลยูเอฟ)

### 3.4.4 ท่อระบายน้ำฝน

เนื่องจากท่อระบายน้ำฝนมีหน้าที่ระบายเฉพาะน้ำฝนลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรง เพื่อป้องกัน น้ำท่วมขังในพื้นที่บริการ ดังนั้นต้องออกแบบท่อระบายน้ำฝนให้มีขีดความสามารถเท่ากับอัตราไหล น้ำท่าสูงสุด ณ จุดนั้นๆ

## 3.5 อัตราไหลน้ำท่าสูงสุด

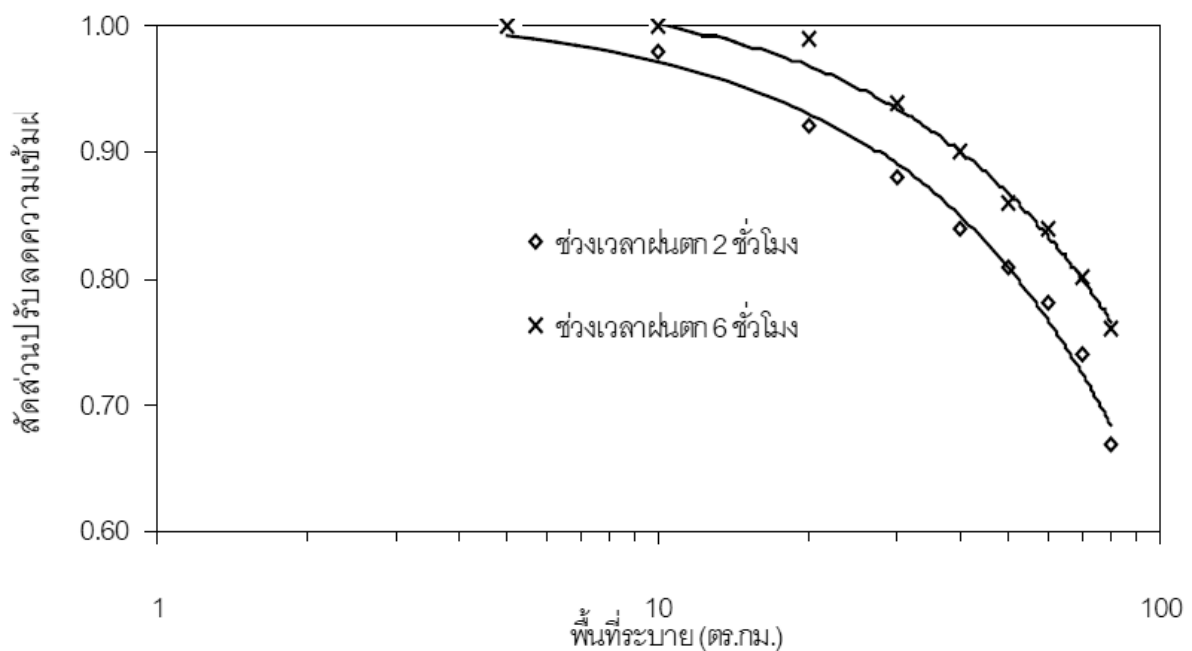
อัตราไหลน้ำท่าสูงสุดเป็นปัจจัยสำคัญต่อการออกแบบขนาดของท่อระบายรวมและท่อระบาย น้ำฝน การหาอัตราไหลน้ำท่าสูงสุดมีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันและมีความแม่นยำพอสมควร ได้แก่ วิธีหลัก เหตุผล (Rational Method) ดังสมการที่ 3 - 1

$$\begin{array}{ll} Q &= CiA \quad (3 - 1) \\ \text{โดยที่ } Q &= \text{อัตราไหลน้ำท่าสูงสุด (peak runoff); ลบ.ม./ชั่วโมง} \\ C &= \text{สัมประสิทธิ์น้ำท่า (runoff coefficient) (ดูจากหัวข้อที่ 3.5.1)} \\ i &= \text{ความเข้มฝน, เมตร/ชั่วโมง (ดูในหัวข้อที่ 3.5.3)} \\ A &= \text{พื้นที่ระบายน้ำ (drainage area), ตร.ม.}\end{array}$$

การหาอัตราไหลน้ำท่าสูงสุดด้วยวิธีหลักเหตุผล มีสมมติฐานว่าความเข้มฝนและช่วงเวลาที่ฝนตกมี ค่าคงที่ตลอดทั่วทั้งพื้นที่ระบายน้ำ แต่ในความเป็นจริง ความเข้มฝนและช่วงเวลาที่ฝนตกมีค่าไม่เท่ากัน ตลอดทั่วทั้งพื้นที่ระบายน้ำ ดังนั้นถ้าพื้นที่ระบายน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้น ก็จะทำให้อัตราไหลน้ำท่าที่คำนวณ ได้โดยวิธีนี้มีความแม่นยำน้อยลงหรือมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง

การใช้วิธีหลักเหตุผลเพื่อหาอัตราไหลน้ำท่าในประเทศไทยจะมีความแม่นยำเพียงพอเมื่อมีพื้นที่ ระบายน้ำไม่เกิน 4 ตารางกิโลเมตร แต่ถ้าพื้นที่ระบายน้ำใหญ่กว่า 4 ตารางกิโลเมตร ควรปรับลด ความเข้มฝนก่อน (ดังรูปที่ 3.3) จึงจะทำให้อัตราไหลน้ำท่าที่คำนวณได้ด้วยวิธีนี้ไม่สูงเกินจริง





รูปที่ 3.3 สัดส่วนการซึมผ่านตามขนาดของพื้นที่ระบายน้ำและที่ช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ

(ดัดแปลงจาก - สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร, การศึกษา สำรวจ จัดทำแผนหลัก ระบบรองรับพื้นฐานและออกแบบเบื้องต้น ระบบป้องกันน้ำท่วม ระบบระบายน้ำ ในพื้นที่ชานเมือง ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร, จัดทำโดย บริษัท เนเธอร์แลนด์ เอ็นจิเนียริง คอนซัลแต้นซ์ บริษัท สเปน จำกัด และบริษัท วอเตอร์ ดีเวลลอปเม้นท์ คอนซัลเท็นส์ จำกัด, 2539)

นอกจากนี้อาจหาอัตราไหลน้ำท่าสูงสุดด้วยวิธีอื่นซึ่งให้ความแม่นยำแม้พื้นที่ระบายน้ำจะมีขนาดใหญ่ก็ตาม ได้แก่ วิธีไฮโดรกราฟ ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราไหลน้ำท่าที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับระยะเวลาตั้งแต่ฝนตก โดยอาศัยข้อมูลในภาคสนามของแต่ละพื้นที่ ดังนั้นการหาอัตราไหล น้ำท่าด้วยวิธีนี้จึงค่อนข้างยากในทางปฏิบัติ แต่ปัจจุบันมีผู้คิดค้นโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยใน การคำนวณหาความสัมพันธ์ดังกล่าวและยังช่วยในการวิเคราะห์แบบจำลองสภาพการระบาย น้ำจริงได้อีกด้วย ซึ่งสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับอุทกศาสตร์หรือ ศึกษาจากคู่มือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของผู้ผลิตต่าง ๆ

### 3.5.1 สัมประสิทธิ์น้ำท่า

สัมประสิทธิ์น้ำท่าขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ มากมาย เช่น ความลาดของพื้นที่ระบายน้ำ สิ่งปกคลุมพื้นผิว ชนิดดิน ความชื้นในดิน เวลาที่ฝนตก ฯลฯ ในกรณีที่ทราบข้อมูลลักษณะพื้นผิวของพื้นที่ระบายน้ำ ผู้ออกแบบสามารถกำหนดสัมประสิทธิ์น้ำท่าดังตารางที่ 3.1 แต่ถ้าไม่ทราบข้อมูลดังกล่าว ผู้ออกแบบอาจกำหนดสัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ดังตารางที่ 3.2 อย่างไรก็ตาม ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวของพื้นที่ระบายน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตด้วย นอกจากนี้ถ้าพื้นที่ระบายน้ำมีขนาดใหญ่และมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือมีลักษณะพื้นผิวแตกต่างกันมาก จะต้องคำนวณค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าเป็นค่าเฉลี่ยตามสัดส่วนลักษณะของพื้นที่ระบายน้ำย่อย

### 3.5.2 พื้นที่ระบายน้ำ

พื้นที่ระบายน้ำ หมายถึง พื้นที่บริการของโครงการหรือพื้นที่ที่มีระบบระบายน้ำฝน ซึ่งผู้ออกแบบควรศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- แผนที่แสดงระดับเส้นชั้นความสูงและภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อศึกษาความลาดของพื้นที่ระบายน้ำ
- ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือแผนผังเมือง ทั้งในปัจจุบันจนถึงปีเป้าหมาย เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของแต่ละพื้นที่ต่อการป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมขัง
- ลักษณะของดินและส่วนที่ปกคลุมพื้นผิว รวมทั้งความลาดเอียงของพื้นผิว เนื่องจากมีผลกระทบในการกำหนดสัมประสิทธิ์น้ำท่า
- ควรแบ่งพื้นที่บริการออกเป็นพื้นที่ระบายน้ำย่อยหลาย ๆ ส่วนตามลักษณะความลาดของพื้นที่ ซึ่งแต่ละพื้นที่ระบายน้ำย่อยสามารถระบายน้ำด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกและรวมเข้าที่จุดหนึ่ง ๆ เพื่อต่อเข้าท่อระบายหลักต่อไปได้

### 3.5.3 ความเข้มฝน

ความเข้มฝนสามารถหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนกับช่วงเวลาฝนตกที่คาบอุบัติฝนต่าง ๆ กัน กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวได้จากการเก็บข้อมูลเชิงสถิติและเป็นข้อมูลเฉพาะท้องถิ่น เนื่องจากลักษณะหรือรูปแบบของฝนที่ตกในแต่ละท้องถิ่นมีความแตกต่างกัน ข้อมูลฝนดังกล่าวสามารถศึกษาได้จากข้อมูลฝนในอดีตซึ่งถูกบันทึกโดยกรมอุตุนิยมวิทยา

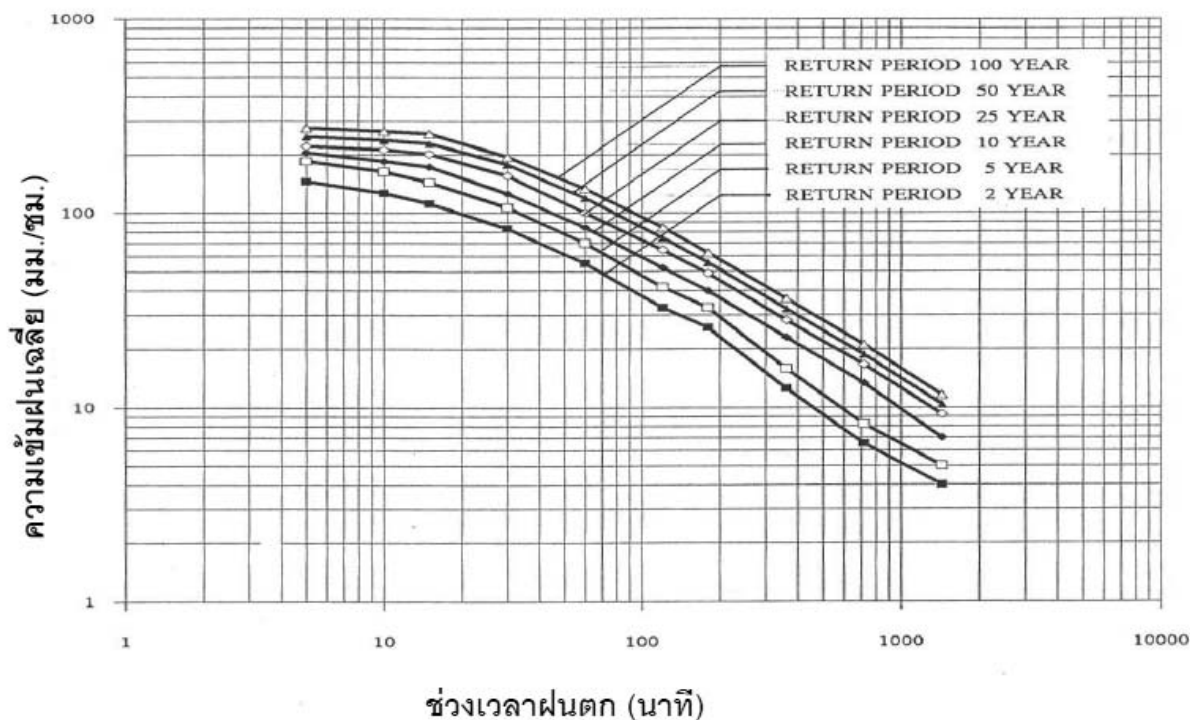
ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนกับช่วงเวลาฝนตกที่คาบอุบัติฝนต่าง ๆ กัน ของชุมชนหนึ่งในประเทศไทยแสดงดังรูปที่ 3.4 ส่วนการเลือกใช้คาบอุบัติฝนและช่วงเวลาฝนตกจะขอลำต่อไปในหัวข้อที่ 3.5.4 และ 3.5.5

**ตารางที่ 3.1** สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะพื้นที่ผิวของพื้นที่ระบายน้ำ

| ลักษณะพื้นที่ผิว      | สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า |
|-----------------------|-----------------------|
| สวนป่า                |                       |
| - ยางมะตอยหรือคอนกรีต | 0.70 – 0.95           |
| - อิฐ หรือ อิฐตัวหนอน | 0.70 – 0.85           |
| หลังคา                | 0.75 – 0.95           |
| สนาม (ดินทราย)        |                       |
| - เรียบ – ลาด 2%      | 0.05 – 0.10           |
| - ลาด 2 – 7%          | 0.10 – 0.15           |
| - ลาด 7% ขึ้นไป       | 0.15 – 0.20           |
| สนาม (ดินแน่น)        |                       |
| - เรียบ – ลาด 2%      | 0.13 – 0.17           |
| - ลาด 2 – 7%          | 0.18 – 0.22           |
| - ลาด 7% ขึ้นไป       | 0.25 – 0.35           |

**ตารางที่ 3.2** สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่

| ลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ | สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า |
|--------------------------------|-----------------------|
| เขตธุรกิจ                      |                       |
| - หนาแน่น                      | 0.70 – 0.95           |
| - รอบ ๆ บริเวณเขตธุรกิจ        | 0.50 – 0.70           |
| เขตที่พักอาศัย                 |                       |
| - ครอบครัวเดี่ยว               | 0.30 – 0.50           |
| - หลายครอบครัว (แยกกัน)        | 0.40 - 0.60           |
| - หลายครอบครัว (ติดกัน)        | 0.60 – 0.75           |
| เขตที่พักอาศัย (ชานเมือง)      | 0.25 – 0.40           |
| เขตอพาร์ทเมนต์                 | 0.50 – 0.70           |
| เขตอุตสาหกรรม                  |                       |
| - เบา                          | 0.50 - 0.80           |
| - หนัก                         | 0.60 - 0.90           |
| สวนสาธารณะ                     | 0.10 – 0.25           |
| สวนเด็กเล่น                    | 0.20 – 0.35           |
| สถานีรถไฟ, ชุมทาง              | 0.20 - 0.35           |
| ที่รกร้าง                      | 0.10 – 0.30           |



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนและช่วงเวลาฝนตกที่คาบอุบัติฝนต่าง ๆ  
(หมายเหตุ – กราฟความสัมพันธ์นี้จะป็นข้อมูลเฉพาะท้องถิ่นหนึ่ง ๆ เท่านั้น)

### 3.5.4 คาบอุบัติฝน (return period)

คาบอุบัติฝน หมายถึง ช่วงเวลาโดยเฉลี่ยของเหตุการณ์ที่ฝนตกในปริมาณที่เท่ากันหรือมากกว่าที่กำหนดมีโอกาสจะเกิดซ้ำ โดยทั่วไปฝนที่มีคาบอุบัติฝนนานขึ้น ย่อมมีความเข้มฝนสูงกว่าฝนที่มีคาบอุบัติฝนต่ำกว่า กล่าวคือ ฝนที่มีคาบอุบัติฝน 5 ปี (หรือฝนตกหนักที่ควรเกิดขึ้นเพียง 1 ครั้งในรอบ 5 ปี) ควรจะมีความเข้มฝนน้อยกว่าฝนที่มีคาบอุบัติฝน 10 ปี (หรือฝนตกหนักที่ควรเกิดขึ้นเพียง 1 ครั้งในรอบ 10 ปี)

ปัจจัยสำคัญในการเลือกคาบอุบัติฝน ได้แก่ ระดับความรุนแรงของความเสียหายเนื่องจากน้ำท่วมขัง และความคุ้มค่าในการลงทุน ถ้ากำหนดคาบอุบัติฝนนานขึ้นก็จะทำให้มีความปลอดภัยจากน้ำท่วมขังสูงขึ้น แต่ทำให้ท่อระบายน้ำฝนและเครื่องสูบน้ำฝนมีขนาดใหญ่และมีงบประมาณการลงทุนสูงขึ้นด้วย ดังนั้นการเลือกคาบอุบัติฝนที่เหมาะสมสำหรับออกแบบท่อระบายน้ำฝนนั้น ควรคำนึงถึงความคุ้มค่าระหว่างงบประมาณการลงทุนกับความเสียหายที่จะเกิดขึ้น แต่ถ้าไม่สามารถคำนวณจุดคุ้มทุนดังกล่าวได้ ให้เลือกคาบอุบัติฝนตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ดังนี้

- สำหรับเขตที่อยู่อาศัย ควรกำหนดคาบอุบัติฝนเท่ากับ 2 - 15 ปี แต่แนะนำให้ใช้เท่ากับ 5 ปี
- สำหรับเขตพาณิชยกรรมหรือเขตที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ควรกำหนดคาบอุบัติฝนเท่ากับ 10 - 50 ปี ขึ้นกับระดับความรุนแรงของความเสียหายของพื้นที่
- สำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันน้ำท่วม ควรกำหนดคาบอุบัติฝนเท่ากับ 50 ปี หรือมากกว่า 50 ปีขึ้นไป

### 3.5.5 เวลารวมตัวของน้ำท่า (time of concentration; $t_c$ )

อัตราไหลน้ำท่าจะสูงสุดเมื่อฝนตกที่ความเข้มสูงถึงค่าหนึ่งและตกนานอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งน้ำท่าบนพื้นที่ระบายน้ำทุกส่วนไหลไปยังจุดพิจารณา เวลาที่ทำให้เกิดอัตราไหลน้ำท่าสูงสุด เรียกว่า “เวลารวมตัวของน้ำท่า” ซึ่งเท่ากับช่วงเวลาที่ฝนตกด้วยความเข้มฝนค่าหนึ่งหรืออาจเรียกว่า “เวลานับว่าฝนตก” ก็ได้

(หมายเหตุ – เวลาที่นับว่าฝนตก หมายถึง ช่วงเวลาที่ฝนตกด้วยความเข้มสูงพอจนมีผลกระทบต่อ การระบายน้ำ ซึ่งโดยปกติเวลาที่ฝนตกจริงจะยาวนาน แต่ในช่วงต้นและช่วงหลังของฝนตกจะมีความเข้ม ฝนเบาบางมากจนไม่มีผลกระทบต่อการเกิดอัตราไหลน้ำท่า)

เวลารวมตัวของน้ำท่า เท่ากับ เวลาที่น้ำท่าไหลจากจุดที่ไกลที่สุดของพื้นที่ระบายน้ำมายัง จุดเข้าท่อ รวมกับเวลาที่น้ำท่าไหลในท่อจนถึงจุดที่พิจารณาออกแบบ การหาเวลาน้ำท่าไหลในท่อ สามารถคำนวณได้จากสมการทางชลศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง แต่เวลาการไหลของน้ำท่าจากจุดไกลที่สุดของ พื้นที่ระบายมายังจุดเข้าท่อระบายน้ำนั้นคำนวณได้จากสภาพผิวของพื้นที่ระบายน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความลาดของพื้นผิว ลักษณะสิ่งปกคลุมพื้นผิว และระยะทางที่น้ำท่าไหลเข้าจุดเข้าท่อ ฯลฯ

ถ้าผู้ออกแบบมีข้อมูลลักษณะของพื้นผิว (ความลาดของพื้นที่ระบายและสิ่งปกคลุม พื้นผิว) และระยะทางที่น้ำท่าไหลเข้าท่อ สามารถคำนวณหาเวลาที่น้ำท่าไหลเข้าท่อได้จากสมการที่ 3 - 2 หรือกราฟความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.5

$$t = (0.067n' l/s)^{0.467} \quad (3 - 2)$$

โดยที่  $t$  = เวลาที่น้ำท่าไหลเข้าท่อ; นาที

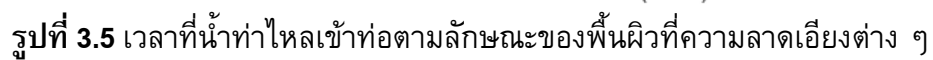
$n'$  = สัมประสิทธิ์ของการต้านการไหล (ดูจากตารางที่ 3.3)

$l$  = ระยะทางที่ไกลที่สุดของพื้นที่ระบาย; เมตร (ยาวไม่เกิน 360 เมตร)

$s$  = ความลาดชันของพื้นที่ผิว

แต่ถ้าผู้ออกแบบไม่ทราบข้อมูลลักษณะพื้นผิวของพื้นที่ระบายน้ำ ให้กำหนดเวลาที่น้ำท่า ไหลเข้าท่อตามลักษณะการใช้ประโยชน์ ดังนี้

- พื้นที่ที่มีความหนาแน่น มีการพัฒนามาก น้ำท่าไม่สามารถซึมลงดินได้ และมีทางน้ำเข้า ข้างถนนถี่ ควรกำหนดเวลาที่น้ำท่าไหลเข้าท่อเท่ากับ 5 นาที แต่ถ้าเป็นพื้นที่ราบเรียบ หรือความลาดชันน้อย อาจกำหนดเวลาที่น้ำท่าไหลเข้าท่อเท่ากับ 10 - 15 นาที
- สำหรับพื้นที่ที่เป็นที่พักอาศัย มีการพัฒนาน้อย และเป็นพื้นที่ราบเรียบหรือลาดชันน้อย อาจกำหนดเวลาที่น้ำท่าไหลเข้าท่อเท่ากับ 20 - 30 นาที



| ชนิดของพื้นที่ผิว                                    | สัมประสิทธิ์ของการต้านการไหล |
|--|------------------------------|
| พื้นที่ผิวที่น้ำซึมลงดินไม่ได้                       | 0.02                         |
| พื้นที่ที่ไม่มีสิ่งปกคลุมและราบเรียบ                 | 0.10                         |
| พื้นที่ที่ไม่มีสิ่งปกคลุมและมีความขรุขระพอสมควร      | 0.20                         |
| พื้นที่ที่มีหญ้าปกคลุมไม่หนาแน่นหรือเขตเกษตรกรรม     | 0.20                         |
| พื้นที่ที่มีหญ้าขนาดใหญ่ เช่น พุ่มหญ้าเลี้ยงสัตว์    | 0.40                         |
| พื้นที่ที่มีเป็นป่าที่มีต้นไม้ใหญ่                   | 0.60                         |
| พื้นที่ที่เป็นป่าที่มีต้นไม้ใหญ่และมีใบไม้ปกคลุมด้วย | 0.80                         |
| พื้นที่ที่เป็นป่าสนหรือปกคลุมด้วยต้นไม้ใหญ่          | 0.80                         |
| พื้นที่ที่มีหญ้าปกคลุมอย่างหนาแน่น                   | 0.80                         |

### 3.6 สมการในการออกแบบท่อ

#### 3.6.1 การไหลในรางเปิด (open-channel flow)

โดยทั่วไปมักออกแบบท่อรวบรวมน้ำเสียและท่อระบายน้ำฝนเป็นระบบไหลด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นหลักหรือเรียกว่า “การไหลในรางเปิด” ซึ่งมีสมการสำหรับออกแบบที่นิยมใช้ได้แก่ สมการแมนนิ่ง (manning equation) ดังสมการที่ 3 - 3

$$v = (R^{2/3} S^{1/2}) / n \quad (3 - 3)$$

โดย  $v$  = ความเร็วการไหลของน้ำ, เมตร/วินาที  
 $R$  = รัศมีชลศาสตร์ (hydraulic radius), เมตร  
= อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดการไหลกับเส้นขอบเปียก (wet perimeter)  
 $S$  = ความลาดชันของเส้นชั้นพลังงาน, เมตร/เมตร (เท่ากับสัดส่วนของ  
เฮดสูญเสียต่อความยาวท่อ)  
= ความลาดชันของท่อหรือท้องราง ถ้าเป็นการไหลแบบเป็นระเบียบ  
(uniform flow)  
 $n$  = สัมประสิทธิ์ความหยาบของผิวแมนนิ่ง (manning roughness coefficient)

สัมประสิทธิ์ความหยาบของผิวแมนนิ่งขึ้นอยู่กับชนิดและอายุการใช้งานของท่อ โดยปกติถ้าเป็นท่อคอนกรีตเสริมเหล็กมักกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบของผิวแมนนิ่งในช่วง 0.013 - 0.015 แต่แนะนำให้ใช้เท่ากับ 0.015 ส่วนท่อชนิดอื่น

ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบข้อมูลได้จากผู้ผลิต ผู้ออกแบบควรคำนึงอยู่เสมอว่าถ้าน้ำเสียไหลไม่เต็มท่อ จะทำให้ค่าต่าง ๆ (เช่น ความเร็วการไหล รัศมีชลศาสตร์ ฯลฯ) แปรผันตามระดับความสูงของน้ำในท่อด้วย ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 3.6

นอกจากนี้การไหลผ่านฝายก็ถือว่าเป็นการไหลแบบรางเปิดเช่นกัน สมการสำหรับออกแบบฝายซึ่งมีการไหลแบบอิสระ (free flow) ของฝายสี่เหลี่ยมแบบสันคม (sharp-crested rectangular weir) และฝายสี่เหลี่ยมแบบสันกว้าง (broad-crested rectangular wier) แสดงดังสมการที่ 3 - 4 และ 3 - 5 ตามลำดับ ส่วนฝายแบบร่องตัววีที่มีมุมเท่ากับ 90 องศา (V-notch weir) ฝายหุบ (contraction weir) และฝายสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoidal weir) มีสมการออกแบบดังสมการที่ 3 - 6 ถึง 3 - 8 ตามลำดับ

$$Q = 1.84LH^{1.5} \quad (3 - 4)$$

$$Q = 1.71LH^{1.5} \quad (3 - 5)$$

$$Q = 1.47H^{2.5}; \text{ มุมของร่องตัววีเท่ากับ 90 องศา} \quad (3 - 6)$$

$$Q = 1.84(L-0.1H)H^{1.5} \quad (3 - 7)$$

$$Q = 1.859LH^{2.5} \quad (3 - 8)$$

โดยที่ Q = อัตราไหลผ่านฝาย, ลบ.ม./วินาที  
 L = ความยาวของสันฝาย, เมตร  
 H = ความสูงของน้ำเหนือสันฝาย, เมตร

### 3.6.2 การไหลในท่อหลักความดัน

ในกรณีที่ไม่สามารถวางท่อให้ไหลด้วยแรงโน้มถ่วงได้ จำเป็นต้องก่อสร้างสถานีสูบน้ำเสียและลำเลียงน้ำเสียด้วยท่อซึ่งอาศัยแรงดันจากเครื่องสูบ ท่อลำเลียงดังกล่าวเรียกว่า “ท่อหลักความดัน” สมการที่เกี่ยวข้องสำหรับการออกแบบท่อหลักความดันมีหลายวิธี แต่สมการที่นิยมใช้ ได้แก่ สมการ ฮาเซนวิลเลียมส์ (Hazen-Williams equation) ซึ่งแสดงดังสมการที่ 3 - 9

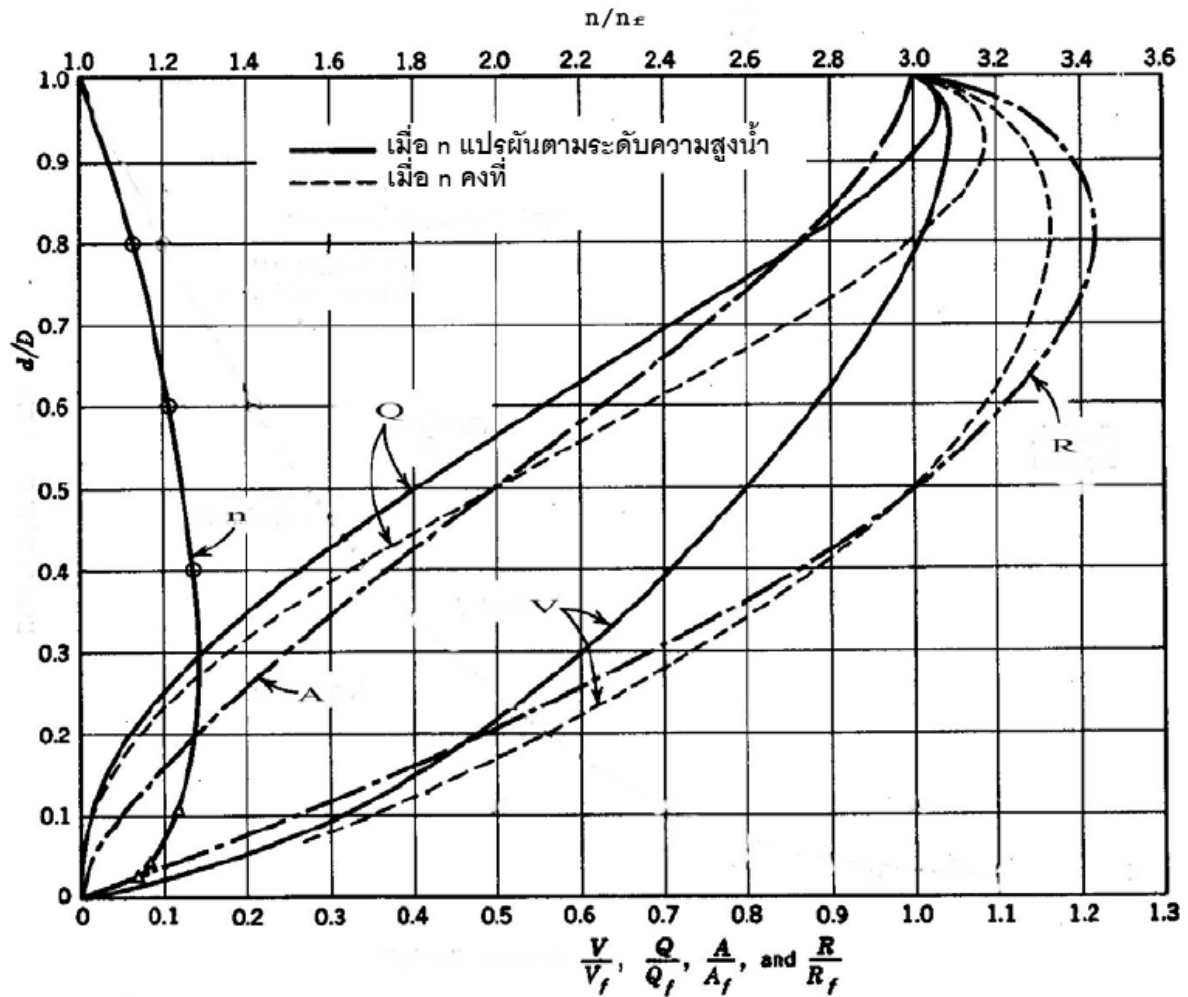
$$v = 0.849CR^{0.63}S^{0.54} \quad (3 - 9)$$

โดยที่ C = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานฮาเซนวิลเลียมส์ (ดูจากตารางที่ 3.4)  
 S = ความลาดชันของเส้นชั้นพลังงาน  
 = เหน็ดสูญเสียต่อความยาวท่อ, เมตร/เมตร

### 3.7 การจัดผังระบบท่อ

ท่อรวบรวมน้ำเสียและท่อระบายน้ำฝนควรออกแบบให้น้ำไหลด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นหลัก และควรวางท่อให้มีความลาดและหลบหลีกสิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่น ท่อประปา ท่อสายไฟ เป็นต้น ถ้าก่อสร้างหรือวางผังท่อผิดพลาด การแก้ไขหรือการเพิ่มเติมระบบจะกระทำได้ยาก ไม่เหมือนกับระบบท่อประปาซึ่งเป็นท่อแรงดันซึ่งสามารถวางท่อให้มีระดับขึ้นลงเพื่อหลบสิ่งกีดขวางต่าง ๆ หรือเพิ่มเติมขยายระบบได้ง่ายกว่า





รูปที่ 3.6 ลักษณะทางชลศาสตร์การไหลในรางเปิดของท่อกลม

( $d$  = ระดับน้ำที่ไหลในท่อ;  $D$  = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ; ค่าที่ห้อย  $f$  = ค่าต่างๆที่น้ำไหลเต็มท่อ)

(หมายเหตุ- โดยปกติเมื่อระดับน้ำในท่อเปลี่ยนแปลงย่อมทำให้ค่า  $n$  แปรผันด้วย แต่ในทางปฏิบัติมักถือว่า  $n$  คงที่)

ตารางที่ 3.4 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานฮาเซนวิลเลียมส์ของท่อชนิดต่างๆ

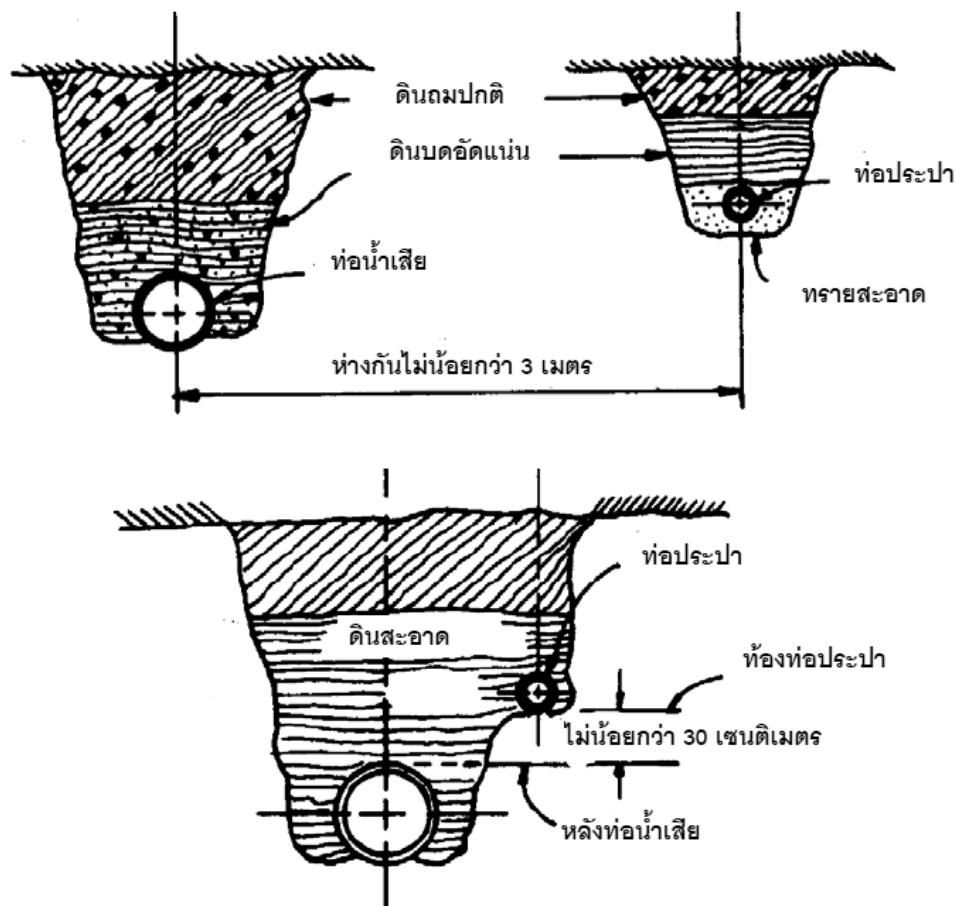
| ชนิดของท่อ                            | สัมประสิทธิ์ความเสียดทานฮาเซนวิลเลียมส์ |
|---------------------------------------|---|
| ท่อที่ตรงและเรียบมาก ๆ                | 140                                     |
| ท่อที่เรียบมาก                        | 130                                     |
| ไม่เรียบหรือปูเรียบ                   | 120                                     |
| ท่อเหล็ก (ใหม่) ใช้หุดยั่ว, ท่อดินเผา | 110                                     |
| ท่อเหล็ก (เก่า), อีฐปกติ              | 100                                     |
| ท่อเหล็ก (เก่า), ใช้หุดยั่ว           | 95                                      |
| ท่อเหล็ก (เก่า) ในสภาพโทรม            | 60 – 80                                 |

### ปัจจัยสำคัญในการจัดผังระบบท่อสามารถสรุปได้ดังนี้

- แผนที่แสดงตำแหน่ง แผนที่เส้นชั้นความสูง แบบแปลน และภาพตัดตามยาวของระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ (เช่น ถนน ทางรถไฟ อาคาร บ้านเรือน แนวท่อระบายเดิม ท่อประปา ท่อไฟฟ้า ท่อโทรศัพท์ แม่น้ำ ลำธาร คลอง เป็นต้น) ควรมีมาตราส่วนอย่างเหมาะสม จึงจะทำให้การวางผังท่อเป็นไปอย่างแม่นยำ มาตราส่วนของแผนที่หรือแบบแปลนที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานดังตารางที่ 3.5 นอกจากนี้ถ้าถนนหรือพื้นผิวของพื้นที่ระบายน้ำมีความลาดน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 6 เส้นชั้นความสูงควรมีระยะห่างไม่เกิน 0.50 เมตร แต่ถ้าความลาดมากกว่าร้อยละ 6 เส้นชั้นความสูงอาจมีระยะห่างมากถึง 1.5 เมตร
- ผู้ออกแบบควรวางแผนท่อให้มีความยาวสั้นที่สุดและเป็นแนวทางที่มีความต้องการสถานีสูบน้ำ/ยกระดับน้ำเสียให้น้อยที่สุด แต่ต้องครอบคลุมทั่วพื้นที่บริการและมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด
- ท่อน้ำเสียควรวางอยู่ใกล้กับกลางถนน เพื่อรับน้ำเสียจากบ้านเรือนทั้งสองข้างถนน ถ้าถนนมีความกว้างมาก อาจวางท่อน้ำเสียไว้ทั้งสองข้างถนนก็ได้
- ผู้ออกแบบควรวางแผนท่อผ่านที่ดินสาธารณะ และหลีกเลี่ยงวางท่อผ่านพื้นที่ของส่วนบุคคล
- ผังระบบท่อต้องประกอบด้วยตำแหน่งขององค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ท่อระบายหลัก ท่อดักน้ำเสีย บ่อตรวจ บ่อผันน้ำเสีย สถานีสูบน้ำเสีย เป็นต้น
- ท่อระบายน้ำฝนหรือท่อระบายรวมควรวางใกล้กับขอบถนนหรือใต้พื้นถนนโดยตรง ทำให้ระบายน้ำฝนลงท่อได้รวดเร็วที่สุด
- ผู้ออกแบบควรหลีกเลี่ยงการวางท่อน้ำเสียในบริเวณเดียวกับท่อน้ำประปา แต่ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ ควรกำหนดให้ใช้ท่อระบายน้ำเสียแบบทนความดันได้หรือเชื่อมต่อท่อด้วยแหวนยางอัดหรือวางท่อน้ำเสียให้ต่ำกว่าหรือห่างจากท่อประปาพอสมควร เพื่อป้องกันผลกระทบในกรณีที่มีการรั่วซึม ดังรูปที่ 3.7

ตารางที่ 3.5 ชนิดของแผนที่และมาตราส่วนของแผนที่

| ประโยชน์การใช้งาน | รายละเอียด             | มาตราส่วน              |
|-------------------|------------------------|------------------------|
| การสำรวจตัวเมือง  | -                      | 1 : 2,000 – 1 : 50,000 |
| การแสดงตำแหน่ง    | ผังแปลนและรูปตัดตามยาว | 1 : 500 – 1 : 1,000    |
|                   | ผังบริเวณก่อสร้าง      | 1 : 200 – 1 : 500      |
|                   | ตำแหน่งทั่วไป          | 1 : 50 – 1 : 200       |
| แบบแสดงรายละเอียด | ทั่วไป                 | 1 : 20 – 1 : 100       |
|                   | การประกอบติดตั้ง       | 1 : 5 – 1 : 20         |
|                   | รายละเอียด             | 1 : 1 – 1 : 10         |



รูปที่ 3.7 การวางท่อน้ำเสียใกล้กับท่อน้ำประปา

### 3.8 ความเร็วต่ำสุด

ผู้ออกแบบควรออกแบบท่อรวบรวมน้ำเสียให้น้ำไหลด้วยความเร็วอย่างน้อยค่าหนึ่งเพื่อป้องกันการตกตะกอนของของแข็งแขวนลอยในท่อ ซึ่งเป็นการป้องกันกลิ่นจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และการกัดกร่อนท่อ ความเร็วการไหลของน้ำดังกล่าว เรียกว่า “ความเร็วต่ำสุด”

ท่อรวบรวมน้ำเสียควรกำหนดความเร็วต่ำสุดไม่น้อยกว่า 0.6 เมตร/วินาที ที่อัตราไหล (น้ำเสีย) รายชั่วโมงสูงสุดตั้งแต่ปีแรกของโครงการ ซึ่งถือว่าทำให้เกิดการล้างท่อน้อยวันละหนึ่งครั้ง แต่ต้องตรวจสอบความเร็วการไหลที่ปีเป้าหมายด้วย กล่าวคือ ถ้าความเร็วการไหลที่อัตราไหลสูงที่ปีเป้าหมายมีค่าเกินค่าความเร็วสูงสุด(ดูจากหัวข้อที่ 3.9) ก็จำเป็นต้องลดความลาดท่อลงและยอมให้ ความเร็วการไหลในปีแรกของโครงการต่ำกว่า 0.6 เมตร/วินาที ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นต้องมีการล้างและ บำรุงรักษาท่อบ้าง ในตอนช่วงแรกของโครงการ

### 3.9 ความเร็วสูงสุด

จุดประสงค์ในการกำหนดความเร็วสูงสุดเพื่อป้องกันการสึกกร่อนของท่ออันเป็นสาเหตุทำให้อายุการใช้งานน้อยกว่าอายุจริงของ (วัสดุของ) ท่อ โดยทั่วไปควรกำหนดความเร็วสูงสุดไม่เกิน 3.0 เมตร/วินาที ที่อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดของปีเป้าหมายโครงการ แต่ถ้าเป็นท่อที่มีการเคลือบผิวเป็นพิเศษ และทนต่อการสึกกร่อนสูง เช่น ท่อพีอี (PE) ท่อพีวีซี (PVC) เป็นต้น อาจกำหนดความเร็วให้สูงกว่านี้ได้ แต่ต้องตรวจสอบข้อมูลและได้รับการยืนยันจากผู้ผลิตด้วย

### 3.10 ขนาดท่อเล็กที่สุด

#### ก. ท่อน้ำเสีย

ท่อน้ำเสีย (ระบบท่อระบายแยก) ควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร

#### ข. ท่อระบายน้ำฝนและท่อระบายรวม (ก่อนบ่อดักน้ำเสีย)

ท่อระบายน้ำฝนและท่อระบายรวม (ซึ่งรวบรวมน้ำเสียและน้ำฝนทั้งหมดเข้าสู่บ่อดักน้ำเสีย) ควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 600 มิลลิเมตร

#### ค. ท่อดักน้ำเสีย

ท่อดักน้ำเสียซึ่งรับน้ำเสียหรือน้ำฝนจากบ่อดักน้ำเสียควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร

### 3.11 ระดับน้ำในท่อ

สำหรับท่อรวบรวมน้ำเสียควรออกแบบให้มีระดับน้ำไหลในท่อไม่เกิน 0.8 ของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ที่อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดที่ปีเป้าหมาย ส่วนท่อระบายน้ำฝนอาจออกแบบให้น้ำไหลเต็มท่อที่อัตราไหลน้ำท่าสูงสุด

### 3.12 ความลาดของท่อ

ผู้ออกแบบต้องออกแบบให้ท่อมีความลาดเพียงพอ เพื่อให้ความเร็วการไหลในท่อน้อยกว่าความเร็วต่ำสุด ความลาดต่ำสุดของท่อสามารถคำนวณได้จากสมการการไหลที่เกี่ยวข้อง เช่น สมการแมนนิง เป็นต้น บางกรณีอาจวางท่อให้มีความลาดเท่ากับถนนหรือพื้นที่วางท่อก็ได้ แต่ต้องมีความเร็วการไหลในกรณีต่างๆกันไม่น้อยกว่าความเร็วต่ำสุดและไม่มากกว่าความเร็วสูงสุด ตารางที่ 3.6 แสดงความลาดต่ำสุดสำหรับการวางท่อน้ำเสียขนาดต่าง ๆ

**ตารางที่ 3.6** ความลาดต่ำสุดสำหรับการวางท่อน้ำที่ขนาดต่าง ๆ

| เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ<br>(มิลลิเมตร) | ความลาดต่ำสุด (เมตร/เมตร) |           |
|------------------------------------|---------------------------|-----------|
|                                    | n = 0.013                 | n = 0.015 |
| 200                                | 0.0033                    | 0.0044    |
| 250                                | 0.0025                    | 0.0033    |
| 300                                | 0.0019                    | 0.0026    |
| 400                                | 0.0013                    | 0.0017    |
| 500                                | 0.0010                    | 0.0013    |
| 600                                | 0.0008                    | 0.0010    |
| 800                                | 0.0005*                   | 0.0007*   |
| 1000                               | 0.0004*                   | 0.0005*   |
| 1200                               | 0.0003*                   | 0.0004*   |

#### หมายเหตุ

- ค่าในตารางคำนวณจากสมการแมนนิ่ง โดยกำหนดให้ความเร็วการไหลต่ำสุดเท่ากับ 0.6 เมตร/วินาที ซึ่งกำหนดให้น้ำเสียมีระดับการไหลเท่ากับครึ่งท่อ ดังนั้นค่าดังกล่าวเป็นการเผื่อความปลอดภัยแล้ว เนื่องจากถ้าน้ำเสียไหลมากกว่าครึ่งท่อ จะทำให้ความเร็วการไหลเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดูจากรูปที่ 3.6
- \* ในทางปฏิบัติความลาดต่ำสุดของท่อไม่ควรน้อยกว่า 0.0008 เมตร/เมตร

### 3.13 ความลึกต่ำสุด

ผู้ออกแบบควรวางท่อให้มีความลึกเพียงพอ จึงจะทำให้ท่อรวบรวมน้ำเสียหรือท่อระบายน้ำฝนสามารถรับน้ำจากท่อระบายจากอาคารได้อย่างสะดวก นอกจากนี้ต้องคำนึงถึงแรงกดจากน้ำหนักของดินและน้ำหนักจรด้วย ผู้ออกแบบควรกำหนดความลึกต่ำสุดของท่อโดยให้มีดินคลุมหลังท่อไม่น้อยกว่า 0.6 เมตร แต่ต้องตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของท่อจากผู้ผลิตก่อนด้วย

### 3.14 ความลึกสูงสุด

การวางท่อที่ระดับความลึกมากทำให้ยากต่อการก่อสร้างและทำให้งบประมาณการก่อสร้างสูง ความลึกการวางท่อแบบเปิดหน้าดิน (open cut) ขึ้นอยู่กับลักษณะของชั้นดินแต่ละพื้นที่ แต่โดยทั่วไปควรวางท่อไม่ให้มีความลึกเกิน 4 - 6 เมตร

### 3.15 ท่อหลักความดัน (force main)

ท่อหลักความดัน หมายถึง ท่อที่ต่อจากสถานีสูบน้ำไปยังจุดรับน้ำโดยอาศัยแรงดัน การวางท่อชนิดนี้จะวางขนานไปตามความลาดของพื้นที่ผิว สมการสำหรับการออกแบบท่อหลักความดันได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 3.6.2 (ดังสมการที่ 3 - 9) ส่วนค่ากำหนดการออกแบบท่อหลักความดันมีรายละเอียดดังนี้

- ความเร็วการไหลต่ำสุดในท่อไม่น้อยกว่า 0.6 เมตร/วินาที
- ความเร็วที่ทำให้ตะกอนในท่อพุ่งกลับขึ้นมาใหม่ และควรมีความเร็วอย่างน้อยเท่ากับ 1.0 เมตร/วินาที
- ความเร็วสูงสุดการไหลในท่อที่ปีเป้าหมายโครงการไม่เกิน 3.0 เมตร/วินาที แต่ถ้าเป็นท่อที่มีการเคลือบผิวเป็นพิเศษและทนต่อการสึกกร่อนสูง อาจกำหนดความเร็วให้สูงกว่านี้ได้ แต่ต้องตรวจสอบข้อมูลและได้รับการยืนยันจากผู้ผลิตก่อน

### 3.16 บ่อตรวจ

จุดประสงค์หลักของบ่อตรวจ คือ อำนวยความสะดวกสำหรับเข้าไปตรวจสอบบำรุงรักษาระบบท่อเมื่อท่ออุดตันหรือชำรุด และเป็นจุดบรรจบท่อในกรณีที่มีการเปลี่ยนขนาดท่อ เปลี่ยนความลาดหรือความลึกท่อ และเปลี่ยนทิศทางท่อ

#### 3.16.1 ตำแหน่งของบ่อตรวจ

บ่อตรวจมีใช้ทั้งในระบบระบายน้ำเสีย ระบบระบายน้ำฝน และระบบท่อระบายรวม ตำแหน่งของบ่อตรวจขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานดังนี้

- ระยะห่างของบ่อตรวจสำหรับท่อระบายหลัก (ระบบท่อระบายแยก) หรือท่อดักน้ำเสีย (ระบบท่อระบายรวม) ขึ้นอยู่กับขนาดของท่อและอุปกรณ์การล้างท่อ โดยมีคำแนะนำดังตารางที่ 3.7
- ระยะห่างระหว่างบ่อตรวจสำหรับท่อระบายน้ำฝนหรือท่อระบายรวม (ที่รวบรวมน้ำเสียและน้ำฝนเข้าสู่บ่อผันน้ำเสีย) ขึ้นอยู่กับความต้องการระบายน้ำฝนจากผิวถนนเพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง เนื่องจากทางน้ำเข้าข้างถนนมักติดกับบ่อตรวจ
- นอกจากนี้ต้องมีบ่อตรวจในกรณีอื่น ๆ ด้วย เช่น การบรรจบท่อ เปลี่ยนความลาดท่อ เปลี่ยนขนาดท่อ เปลี่ยนระดับท่อ เป็นต้น

#### 3.16.2 รูปร่างและขนาดของบ่อตรวจ

รูปร่างของบ่อตรวจมีทั้งบ่อตรวจกลมและสี่เหลี่ยม บ่อตรวจกลมมีความสามารถรับแรงดันด้านข้างได้ดี สามารถต่อเชื่อมท่อได้ทุกทิศทางและติดตั้งง่ายกว่า ขนาดของบ่อตรวจจะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอเพื่อให้คนสามารถลงไปทำงานและออกมาได้อย่างสะดวก โดยมีคำแนะนำดังตารางที่ 3.8

**ตารางที่ 3.7** ระยะห่างระหว่างบ่อตรวจสำหรับท่อระบายหลักหรือท่อตกน้ำเสีย

| เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (d) | ระยะห่างสูงสุดระหว่างบ่อตรวจ (เมตร) |
|--------------------------|-------------------------------------|
| $d \leq 0.6$ เมตร        | 40                                  |
| $0.6 < d \leq 1.2$ เมตร  | 80                                  |
| $d > 1.2$ เมตร           | 120                                 |

**ตารางที่ 3.8** ขนาดของบ่อตรวจ

| เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (d)           | ขนาดของบ่อตรวจ (เมตร)      |                             |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|                                    | บ่อกลม (เส้นผ่านศูนย์กลาง) | บ่อสี่เหลี่ยม (กว้าง x ยาว) |
| $d \leq 0.6$ เมตร                  | 1.2                        | 1.2 x 1.2                   |
| $0.6 \text{ ม.} < d \leq 0.8$ เมตร | 1.4                        | 1.2 x 1.4                   |
| $0.8 \text{ ม.} < d \leq 1.0$ เมตร | 1.6                        | 1.2 x 1.6                   |
| $1.0 \text{ ม.} < d \leq 1.2$ เมตร | 1.8                        | 1.2 x 1.8                   |
| $d > 1.2$ เมตร                     | 2.1                        | 1.2 x 2.1                   |

### 3.16.3 บันไดในบ่อตรวจ

บันไดในบ่อตรวจควรอยู่ติดผนังด้านใดด้านหนึ่งซึ่งตรงกับฝาปิดบ่อตรวจ เพื่อให้คนสามารถขึ้นลงได้สะดวก และต้องทำด้วยเหล็กไร้สนิมหรือวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน มีความกว้างไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร มีระยะห่างแต่ละขั้นประมาณ 30 - 40 เซนติเมตร

### 3.16.4 ฝาปิดของบ่อตรวจ

ข้อพิจารณาในการออกแบบฝาปิดบ่อตรวจ มีดังนี้

- มีความแข็งแรงสามารถรับแรงกดและแรงกระแทกได้
  - ฝาปิดบ่อตรวจควรมีระดับราบเรียบกับพื้นถนนหรือทางเท้าพอดี
  - สามารถซ่อมแซมบำรุงหรือเปลี่ยนได้ง่าย
  - ฝาบ่อตรวจต้องมียาน้ำหนักมากพอที่จะป้องกันบุคคลที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเปิดฝา หรือขโมย โดยมีน้ำหนักประมาณ 45 - 70 กิโลกรัม
  - ควรออกแบบให้เป็นฝากลม เพราะแข็งแรงกว่าฝาเหลี่ยม รวมทั้งหล่นลงบ่อตรวจไม่ได้
- (หมายเหตุ- บ่อตรวจที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ซึ่งไม่มีระบบระบายน้ำต้องมีมาตรการป้องกันน้ำท่าไหลล้นเข้าบ่อตรวจด้วย)

## 3.17 บ่อตรวจแบบลดระดับ (drop manhole)

กรณีที่ท่อเข้าและท่อออกของบ่อตรวจมีความแตกต่างของระดับความสูงเกิน 0.5 เมตร ต้องใช้บ่อตรวจ แบบลดระดับ

### 3.18 ทางน้ำเข้าข้างถนน

ทางน้ำเข้าข้างถนนมักติดกับบ่อตรวจหรือหลุมรับน้ำ ทำหน้าที่เป็นช่องให้น้ำฝนบนผิวถนนไหลเข้าท่อระบายน้ำฝนหรือท่อระบายรวมต่อไป ระยะห่างระหว่างทางน้ำเข้าข้างถนนขึ้นอยู่กับความต้องการในการระบายน้ำฝนจากผิวถนนเพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง แต่ผู้ออกแบบควรคำนึงอยู่เสมอว่า ถ้าทางน้ำเข้าข้างถนนจะทำให้บ่อตรวจเยอะขึ้นด้วย ซึ่งอาจทำให้มีปัญหาได้ เช่น การกีดขวางทางเท้าและจราจร รวมทั้งราคาก่อสร้างสูงขึ้น เป็นต้น

### 3.19 บ่อผันน้ำเสีย (combined sewer overflow, CSOs)

หน้าที่ของบ่อผันน้ำเสียได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 3.3.2 ส่วนข้อพิจารณาในการออกแบบบ่อผันน้ำเสียสามารถสรุปได้ดังนี้

- บ่อผันน้ำเสียต้องมีอุปกรณ์ที่สามารถผันน้ำเสียปนน้ำฝนส่วนหนึ่งระบายลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรงในขณะฝนตก โดยทั่วไปมักออกแบบเป็นฝายน้ำล้น
- ตำแหน่งของบ่อผันน้ำเสียควรอยู่ใกล้กับจุดทิ้งน้ำหรือใกล้กับแหล่งที่นำน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์
- ภายในบ่อผันน้ำเสียอาจประกอบด้วยตะแกรงดักขยะ ซึ่งมีระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงไม่เกิน 5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการอุดตันของท่อดักน้ำเสีย และควรคำนึงถึงแรงงานที่ต้องใช้สำหรับทำความสะอาดตะแกรงด้วย
- กรณีจุดระบายน้ำทิ้งต่ำกว่าระดับน้ำในแหล่งรับน้ำ ต้องมีวาล์วป้องกันน้ำจากแหล่งรับน้ำไหลย้อนเข้าระบบระบาย เช่น ประตูกระดก (flap gate) เป็นต้น แต่บางกรณี เช่น จุดระบายน้ำทิ้งเป็นชายทะเลควรระวังการทับถมของทรายซึ่งทำให้วาล์วกันน้ำย้อนทำงานไม่ได้ จำเป็นต้องสร้างสถานีสูบน้ำฝนทิ้งลงสู่แหล่งรับน้ำ

### 3.20 ท่อลอด (depressed sewer)

กรณีที่ท่อรวบรวมน้ำเสียหรือท่อระบายน้ำฝนผ่านสิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่น แม่น้ำ คลอง ถนน เป็นต้น จำเป็นต้องใช้ท่อลอด ซึ่งทำให้ประหยัดค่าดำเนินการมากกว่าการใช้สถานีสูบน้ำและท่อหลัก ความดันข้อพิจารณาในการออกแบบสามารถสรุปได้ดังนี้

- ท่อต้องเป็นชนิดรับแรงดันได้ เนื่องจากท่อลอดทำงานภายใต้ความดัน
- ท่อลอดควรมีน้ำหนักรวมพอ เพื่อป้องกันการลอยตัวเนื่องจากแรงยกตัวของน้ำใต้ดิน ควรออกแบบให้มีความเร็วการไหลไม่ต่ำกว่า 0.9 เมตร/วินาที ที่อัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุดในปัจจุบันของโครงการ
- เพื่อง่ายต่อการออกแบบและทำให้น้ำไหลด้วยความเร็วการไหลไม่น้อยกว่า 0.9 เมตร/วินาที ในทุกกรณี ควรออกแบบให้มีหลายท่อขนานกันและต้องมีโครงสร้างหรืออุปกรณ์แบ่งน้ำเข้าสู่ท่อต่าง ๆ ตามอัตราไหลที่ออกแบบไว้



## ระบบรวบรวมน้ำเสียชุมชนและระบบระบายน้ำฝน

สถานีสูบน้ำเสียมีหน้าที่ยกระดับของเหลวที่มีระดับต่ำเกินไปให้มีระดับสูงและเพียงพอแก่ความต้องการ เช่น ใช้ในระบบรวบรวมน้ำเสียหรือระบบระบายน้ำฝน เมื่อต้องการให้น้ำเสียหรือน้ำฝนสามารถไหลต่อไปด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก หรือต้องการลำเลียงน้ำเสียด้วยท่อหลักความดันเพื่อป้องกันน้ำเสียเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้อีกหลายรูปแบบ เช่น ใช้กับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ใช้กับตะกอน กรวด ทราย หรือสลัดจ์ เป็นต้น

## 4.1 ประเภทของสถานีสูบน้ำ

สถานีสูบน้ำสามารถแบ่งได้หลายแบบตามเกณฑ์ที่ใช้ เช่น แบ่งตามการก่อสร้าง (ชนิดสำเร็จรูปหรือชนิดก่อสร้างในที่) แบ่งตามขนาดหรืออัตราไหล แบ่งตามวิธีการสูบน้ำ (เครื่องสูบน้ำแบบใบพัดหรือ เครื่องแบบสกรู) แต่โดยทั่วไปมักแบ่งตามลักษณะของบ่อสูบน้ำ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบบ่อเปียก/บ่อแห้ง (wet-well/dry-well) และแบบบ่อเปียก (wet-well) ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อดีและข้อเสียของสถานีสูบน้ำแต่ละประเภท

| ข้อดี  | ข้อเสีย   |
|--|---|
| <b>สถานีสูบน้ำแบบบ่อเปียก</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ค่าก่อสร้างต่ำกว่าแบบบ่อเปียก/บ่อแห้ง เนื่องจากไม่ต้องมีบ่อแห้ง</li> <li>- ต้องการพื้นที่ในการก่อสร้างน้อยกว่าแบบบ่อเปียก/บ่อแห้ง</li> <li>- ไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างเหนือพื้นดิน</li> <li>- ไม่มีเสียงรบกวนในขณะทำงาน</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องมีอุปกรณ์เพื่อยกเครื่องสูบน้ำขึ้นมา เมื่อมีการซ่อมแซม เช่น เกรน รอกไฟฟ้า เป็นต้น</li> <li>- ยากในการเข้าถึงเครื่องสูบน้ำ จึงมักขาดการดูแลรักษา โดยปกติมักต้องยกเครื่อง (overhaul) ทุก 1 - 2 ปี</li> <li>- เครื่องสูบน้ำอาจค้างหรือติดขัดกับรางเลื่อนของเครื่องสูบน้ำ (guide rail) ในขณะที่จะยกหรือติดตั้งเครื่องสูบน้ำ หรือเครื่องสูบน้ำอาจติดกับท่อจ่ายไม่ได้ในขณะติดตั้งเครื่องสูบน้ำ</li> </ul> |
| <b>สถานีสูบน้ำแบบบ่อเปียก/บ่อแห้ง</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้ไปบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำ สามารถทำได้ง่าย</li> <li>- มีความยืดหยุ่น ใช้ได้กับอัตราไหลในช่วงกว้าง</li> <li>- สามารถเลือกอุปกรณ์การขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำได้หลายแบบ</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ค่าก่อสร้างแพงกว่าแบบบ่อเปียก</li> <li>- ต้องการพื้นที่ในการก่อสร้างมากกว่าแบบบ่อเปียก</li> <li>- เสี่ยงต่อการถูกน้ำท่วม โดยเฉพาะแบบที่มีเรือนสูบน้ำต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุดในบ่อเปียก</li> <li>- กรณีเป็นแบบที่มีเรือนสูบน้ำอยู่เหนือระดับน้ำต่ำสุดในบ่อเปียก ต้องมีระบบล่อน้ำเพิ่มเติม ระบบจึงมีความน่าเชื่อถือต่ำ</li> </ul>   |

สถานีสูบน้ำแบบบ่อเปือก/บ่อแห้งประกอบด้วยบ่อเปือกและบ่อแห้งแยกส่วนกัน โดยที่บ่อเปือกมีหน้าที่เก็บกักน้ำไว้ระยะหนึ่งและสร้างสภาวะต่างๆให้เหมาะสมก่อนที่จะถูกสูบไป เช่น ลดความปั่นป่วนหรือน้ำวน ป้องกันเครื่องสูบน้ำสกปรกเกินไป เป็นต้น ส่วนบ่อแห้งจะเป็นที่ตั้งของเครื่องสูบน้ำ (ซึ่งมีปลายท่อดูดจุ่มอยู่ในบ่อเปือก)

สถานีสูบน้ำแบบบ่อเปือกจะมีเฉพาะบ่อเปือกเท่านั้น ซึ่งมีหน้าที่เก็บกักน้ำและเป็นที่ตั้งของ เครื่องสูบน้ำภายในบ่อเดียวกัน โดยส่วนใหญ่เครื่องสูบน้ำจะจุ่มอยู่ในบ่อเปือก ซึ่งเรียกว่า “เครื่องสูบน้ำแบบแช่น้ำ” (submersible pump)

#### 4.2 รายการข้อมูลที่ต้องการสำหรับการออกแบบสถานีสูบน้ำเสีย

- ลักษณะน้ำเสียที่จะสูบ (ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอย ขนาดของเศษขยะในน้ำเสีย ความหนาแน่น อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น)
- อัตราไหลที่สภาวะต่างๆ เช่น อัตราไหลต่ำสุด อัตราไหลเฉลี่ย และอัตราไหลสูงสุด เป็นต้น
- สถานที่ตั้ง แผนผังระบบท่อ และโพรไฟล์ไฮดรอลิก (hydraulic profile) จากบ่อเปือกไปถึงหน่วยรับน้ำ
- ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดในบ่อเปือก และระดับน้ำที่หน่วยรับ
- ชนิดของสถานีสูบน้ำ(แบบบ่อเปือกหรือแบบบ่อเปือก/บ่อแห้ง)
- การเลือกชนิดของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งต้องรวมถึงจำนวนของเครื่องสูบน้ำ แบบความเร็วรอบคงที่ (constant-speed) หรือแปรความเร็วรอบ (variable-speed) และควรคำนึงถึงความเหมาะสมกับประเภทของสถานีสูบน้ำด้วย
- เส้นโค้งลักษณะเครื่องสูบน้ำ (pump characteristic curve) และเส้นโค้งเฮด-ขีดความสามารถของระบบ (system head - capacity curve) เพื่อหาจุดใช้งานเครื่องสูบน้ำ (pump - operating point) หรือการเลือกเครื่องสูบน้ำให้เหมาะสม โดยที่เส้นโค้งลักษณะเครื่องสูบน้ำ คือ เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เฮด อัตราไหล พลังงานที่ต้องการ และประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องสูบน้ำและของแต่ละผู้ผลิต ส่วนเส้นโค้งเฮด - ขีดความสามารถของระบบ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างเฮดทั้งหมด (total head) ของระบบท่อ (ท่อดูดและท่อจ่าย) กับอัตราไหลต่างๆ โดยที่เฮดทั้งหมดจะเท่ากับผลรวมของเฮดสถิต (static head) เฮดความเร็ว (velocity head) และเฮดสูญเสียทั้งหมด ซึ่งต้องทราบความแตกต่างของระดับน้ำในบ่อเปือกและหน่วยรับน้ำ ขนาดและความยาวท่อของท่อดูดและท่อจ่าย รวมทั้งองค์ประกอบของระบบท่อที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้องอ วาล์ว เป็นต้น

- available NPSH (net positive suction head) และ required NPSH (net positive suction head) เพื่อตรวจสอบและป้องกันของเหลวเดือดภายใต้สภาวะที่ความดันลดลงตรงบริเวณใบพัดของเครื่องสูบน้ำหรือป้องกันการเกิดแควิเทชัน (cavitation) โดยที่ available NPSH หมายถึง เฮดด้านดูดขั้นต่ำที่ต้องการ ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของเครื่องสูบน้ำกับระดับน้ำของบ่อเปือกในด้านดูด ส่วน required NPSH หมายถึง เฮดด้านดูดที่ใบพัดในขณะเครื่องสูบน้ำทำงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของแต่ละเครื่องสูบน้ำและแต่ละผู้ผลิตโดยปกติควรออกแบบให้ available NPSH มากกว่า required NPSH
- ความต้องการการระบายอากาศ และการกำจัดกลิ่น
- รายละเอียดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการใช้

#### 4.3 ที่ตั้งของสถานีสูบน้ำเสีย

การเลือกสถานที่ตั้งสถานีสูบน้ำเสียจำเป็นจะต้องทำการศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- การป้องกันความเสียหายของสถานีสูบน้ำจากปัญหาน้ำท่วมในบริเวณนั้น
- การจราจรและความสะดวกในการเข้าถึงในทุกฤดูกาล รวมทั้งความสะดวกในการนำอุปกรณ์และเครื่องจักรที่มีน้ำหนักมากเข้า/ออก
- สาธารณูปการ เช่น น้ำประปา โทรศัพท์ การป้องกันอัคคีภัย เป็นต้น
- ความยากง่ายและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและบำรุงรักษา
- แหล่งพลังงานที่เชื่อถือได้ ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องสามารถเชื่อมต่อกับแหล่งไฟฟ้าได้ 2 แหล่ง หรืออาจใช้เครื่องปั่นไฟแทนก็ได้เมื่อแหล่งไฟฟ้าหลักเกิดขัดข้อง
- ผลกระทบต่อชุมชนในด้านความสวยงามและทัศนียภาพ ปัญหาจากกลิ่น เสียง ความสั่นสะเทือน ปัญหาต่อการดำรงชีวิตและอาชีพของประชาชน
- แผนการใช้ที่ดินและความเปลี่ยนแปลงในอนาคตโดยรอบสถานีสูบน้ำ

#### 4.4 การดักและกำจัดขยะ

น้ำเสียจากชุมชนมักจะมีเศษขยะหรือวัสดุที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายให้แก่เครื่องสูบน้ำหรืออุดตันอุปกรณ์ในระบบได้ การกำจัดขยะก่อนเข้าสู่สถานีสูบน้ำหรือบ่อเปือกจึงมีความจำเป็น รายละเอียดการออกแบบตะแกรงดักขยะที่ใช้สำหรับสถานีสูบน้ำจะกล่าวรวมกับตะแกรงดักขยะซึ่งใช้สำหรับบำบัดขั้นเตรียมการในบทที่ 6 ต่อไป

#### 4.5 ข้อพิจารณาโดยทั่วไปในการออกแบบสถานีสูบน้ำเสีย

ข้อพิจารณาในการออกแบบสถานีสูบน้ำเสียโดยทั่วไป คือ

- ถ้าเป็นสถานีสูบน้ำสุดท้ายซึ่งจะลำเลียงน้ำเสียไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ควรมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำสำรองและเครื่องปั๊มไฟด้วย (ใช้แหล่งพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง)
- สถานีสูบน้ำเสียมักถูกออกแบบเป็นรูปสี่เหลี่ยม เนื่องจากสามารถแบ่งพื้นที่ใช้สอยได้ง่าย แต่ในกรณีที่บ่อสูบลึกมากอาจต้องออกแบบเป็นบ่อทรงกระบอก เพราะเป็นโครงสร้างที่สามารถรับแรงกดได้ดีกว่า
- โครงสร้างที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กและสัมผัสกับน้ำเสียควรมีการเคลือบด้วยสารเคมีเพื่อป้องกันการรื้อซึมหรืออาจใช้น้ำยากันซึมผสมในคอนกรีตก็ได้ สำหรับวัสดุภายในต่าง ๆ (โดยเฉพาะโลหะ) ก็ควรเคลือบสีด้วย เพื่อป้องกันการกัดกร่อน
- การออกแบบต้องเตรียมทางเข้า-ออกและช่องฝาเปิด (hatches) ที่มีขนาดเพียงพอให้สามารถนำอุปกรณ์เข้า-ออกได้ สำหรับช่องเปิดของเครื่องสูบน้ำอาจใช้ช่องฝาเปิดแยกสำหรับเครื่องสูบน้ำแต่ละตัวหรือช่องใหญ่ช่องเดียวก็ได้
- สถานีสูบน้ำต้องมีโครงเหล็ก (A-frame) พร้อมล้อเลื่อนไว้สำหรับยกเครื่องสูบน้ำ มอเตอร์ และเกียร์ หรืออาจใช้โมโนเรลล์ (monorail) เครน (traveling bridge crane) หรือรถยก เพื่อยกอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมาก
- เนื่องจากสถานีสูบน้ำเสียมักอยู่ในบริเวณที่มีแนวโน้มจะเกิดน้ำท่วม ดังนั้นควรออกแบบให้สามารถเข้าถึงและเดินระบบได้แม้ในช่วงน้ำท่วมสูง และควรติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีระดับสูงกว่าระดับน้ำท่วมสูงสุดประมาณ 0.3 - 0.4 เมตร (เช่น เครื่องสูบน้ำที่ตั้งอยู่ในบ่อแห่งตู้ควบคุมเครื่องสูบน้ำ เป็นต้น)
- สำหรับสถานีสูบน้ำเสียแบบบ่อเปียกและบ่อแห้งต้องมีผนังกันระหว่างบ่อเปียกกับบ่อแห้งเพื่อแยกสองส่วนนี้ออกจากกันอย่างเด็ดขาด รวมทั้งแยกทางเข้าของแต่ละบ่อ ซึ่งเป็นการป้องกันก๊าซ (ที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ดูแล) ที่เกิดในบ่อเปียก ส่วนอุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบเป็นประจำ ควรติดตั้งไว้ในบ่อแห้ง
- กรณีที่สถานีสูบน้ำตั้งอยู่ในบริเวณที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง ต้องพิจารณาถึงแรงลอยตัวที่อาจกระทบกับโครงสร้างของสถานีสูบน้ำด้วย
- โครงสร้างส่วนที่พื้นดินควรออกแบบให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อม
- ควรพิจารณาความปลอดภัยด้วยการใช้ระบบป้องกันไฟรั่ว (ground fault breaker)
- การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำต้องสามารถทำได้ทั้งแบบอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์วัดระดับน้ำเป็นตัวควบคุม และแบบใช้เจ้าหน้าที่ควบคุม (manual)
- กรณีที่อัตราไหลของน้ำเสียมีการแปรผันในช่วงกว้าง เช่น น้ำเสียชุมชน โดยเฉพาะในระบบท่อระบายรวม เป็นต้น การใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเล็กหลายเครื่องทำงานร่วมกันหรือต่อแบบขนาน จะทำให้มีความสะดวกและประหยัดงบประมาณในการเดินระบบกว่าการใช้เครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่เพียงเครื่องเดียว

## 4.6 สถานีสูบน้ำแบบบ่อแห้ง/บ่อเปียก

### 4.6.1 บ่อเปียก

ข้อพิจารณาในการออกแบบบ่อเปียกของสถานีสูบน้ำแบบบ่อเปียก/บ่อแห้งซึ่งจะกล่าวต่อไปนั้น ในบางกรณีอาจนำไปประยุกต์ใช้กับบ่อเปียกของสถานีสูบน้ำแบบบ่อเปียกได้เช่นกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ควรแบ่งบ่อเปียกออกเป็นหลายส่วน โดยในแต่ละส่วนต้องมีทางน้ำเข้าและประตูน้ำแยกส่วนกัน จึงจะทำให้สถานีสูบน้ำทำงานได้อย่างต่อเนื่อง แม้ในขณะที่มีการซ่อมบำรุงก็ตาม แต่จะต้องมีประตูน้ำซึ่งสามารถเปิดเชื่อมถึงกันได้ เพื่อให้สามารถทำงานได้ในลักษณะเป็นบ่อเดียวกันและป้องกันเครื่องสูบน้ำเริ่มเดินเครื่อง (สตาร์ท) ถิ่นเกินไปได้
- ในบ่อเปียกจะมีก๊าซที่อาจก่อให้เกิดการระเบิดได้ จึงควรออกแบบระบบระบายอากาศด้วยอุปกรณ์ระบายอากาศที่ใช้ต้องเป็นชนิดไม่เกิดประกายไฟ
- กันบ่อเปียกควรลาดเข้าหาท่อดูด และไม่ควรมีส่วนมุมอับเพื่อป้องกันการสะสมของตะกอน ซึ่งควรมีความลาดประมาณ 1 : 1 และจุดสิ้นสุดของพื้นเอียงควรห่างจากท่อดูดประมาณ 0.3 - 0.4 เมตร
- ท่อดูดต้องมีระยะห่างจากทางน้ำเข้าอย่างเพียงพอ เพื่อลดความปั่นป่วนและฟองอากาศที่อาจเกิดขึ้น

### 4.6.2 บ่อแห้ง

บ่อแห้งเป็นที่ตั้งของเครื่องสูบน้ำ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยระบบท่อดูด ท่อจ่ายและวาล์วต่าง ๆ ข้อพิจารณาในการออกแบบบ่อแห้ง มีรายละเอียดดังนี้

- ภายในบ่อแห้งควรมีรางระบายน้ำและบ่อสูบน้ำขนาดเล็กบริเวณแนวกำแพงที่ติดกับบ่อเปียก เพื่อดักน้ำที่อาจรั่วจากบ่อเปียกหรือน้ำล้างพื้น และใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเล็กสูบน้ำทิ้งต่อไป ส่วนพื้นบ่อแห้งต้องลาดไปทางรางระบายน้ำด้วยความชันอย่างน้อย 1 : 100
- บันไดลงสูบบ่อแห้งควรทำจากวัสดุที่ทนทานไม่เป็นสนิม เช่น เหล็กชุบสังกะสี เหล็กชุบโครเมียม เหล็กไร้สนิม อลูมิเนียม หรือคอนกรีต โดยอาจสร้างเป็นบันไดแบบมาตรฐานหรือบันไดลิงตามความเหมาะสม แต่ถ้าเป็นบันไดแบบมาตรฐานควรมีขั้นพักทุก ๆ ความลึกไม่เกิน 4 เมตร และควรติดตั้งราวบันไดที่มีความแข็งแรงเพื่อป้องกันการพลัดตก
- ในกรณีมีเครื่องสูบน้ำหลายชุด ควรจัดเรียงเครื่องสูบน้ำให้เป็นแนวเดียวกันและห่างเท่า ๆ กัน ส่วนระยะห่างระหว่างเครื่องสูบน้ำกับผนังต้องมากพอที่จะทำงานได้ ปกติเครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก ควรมีระยะห่างกันประมาณ 1 - 1.3 เมตร (ที่ขอบนอกสุดของเครื่องสูบน้ำ) และถ้าเป็นเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ควรมีระยะห่างกันอย่างน้อยเท่ากับความกว้างเครื่องสูบน้ำ
- เครื่องสูบน้ำควรอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุดในบ่อเปียก จึงจะทำให้เกิดการล่อน้ำในตัวตลอดเวลา ในกรณีนี้อาจต้องลดระดับพื้นของบ่อแห้งให้ต่ำกว่าบ่อเปียกบ้าง ถ้าเครื่องสูบน้ำมีความสูงกว่าระดับน้ำในบ่อเปียก จำเป็นต้องมีการติดตั้งระบบล่อน้ำเพิ่มเติม ซึ่งทำให้การทำงานของระบบมีความน่าเชื่อถือต่ำลง

### 4.6.3 ท่อดูดและท่อจ่าย

ข้อพิจารณาในการออกแบบท่อดูดและท่อจ่ายมีรายละเอียดดังนี้

- ท่อดูดปลายปากกระชังจะให้ประสิทธิภาพการดูดน้ำเข้าเครื่องสูบน้ำได้ดีกว่าท่อดูดปลายปากตรง เนื่องจากสามารถลดการสูญเสียเฮดและป้องกันการเกิดน้ำวนได้
- ท่อดูดควรมีขนาดใหญ่กว่าหัวดูดที่ตัวเครื่องสูบน้ำอย่างน้อย 1 หรือ 2 ขนาด การติดตั้งท่อดูด เข้ากับหัวดูดของเครื่องสูบน้ำควรใช้ข้อลดแบบเยื้องศูนย์กลาง (eccentric reducer) โดยให้ด้านเรียบอยู่ด้านบนเพื่อป้องกันการค้างของอากาศ และก่อนเชื่อมท่อดูดกับเครื่องสูบน้ำควรตีควาล์ว และต่อด้วยข้อต่อขยับตัวได้ (flexible coupling) ซึ่งจะทำให้ป้องกันน้ำท่วมในบ่อได้ เมื่อมีการถอดเครื่องสูบน้ำออกไปซ่อม วาล์วที่นิยมใช้อาจเป็นวาล์วประตู (gate valve) หรือวาล์วผีเสื้อ (butterfly valve)
- ท่อดูดควรมีความเร็วไม่เกิน 1.2 เมตร/วินาที ส่วนความเร็วในท่อจ่ายที่อัตราสูบสูงสุดควรอยู่ในช่วง 2.0 - 2.5 เมตร/วินาที สำหรับความเร็วของน้ำที่ทางเข้าและออกของเครื่องสูบน้ำจะถูกออกแบบจากผู้ผลิต แต่ควรอยู่ในช่วง 3 - 4.5 เมตร/วินาที แต่ถ้าความดันทางด้านจ่าย เท่ากับหรือมากกว่า 30 เมตร น้ำอาจใช้ความเร็วสูงกว่านี้ได้
- ปลายท่อดูดควรอยู่ห่างจากพื้นของบ่อเปียกประมาณ 1/2 - 2/3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อดูดหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายปากกระชัง ส่วนระดับน้ำเหนือปากท่อดูดจะขึ้นอยู่กับความเร็วที่ของน้ำในท่อดังตารางที่ 4.2 นอกจากนี้ระยะห่างระหว่างท่อดูดจะขึ้นกับอัตราสูบ ซึ่งสามารถศึกษาได้จากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องหรือจากข้อมูลของผู้ผลิต เครื่องสูบน้ำ
- ท่อจ่ายควรมีขนาดใหญ่กว่าหัวจ่ายที่เครื่องสูบน้ำอย่างน้อย 1 ขนาด การติดตั้งอาจใช้เป็นข้อเพิ่มตรง (concentric increaser) และต้องตามด้วยวาล์วกันกลับ (check valve) และวาล์วประตู นอกจากนี้ท่อจ่ายของแต่ละเครื่องสูบน้ำควรต่อเข้ากับท่อจ่ายหลัก (header) ในระดับแนวนอน

ตารางที่ 4.2 ระดับน้ำท่วมปากท่อดูดหรือปากกระชัง

| ความเร็วที่ท่อ, เมตร/วินาที | ระดับน้ำท่วมปากท่อหรือปากกระชัง, เมตร |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| 0.6                         | 0.3                                   |
| 1.5                         | 0.6                                   |
| 2.1                         | 0.9                                   |
| 3.3                         | 2.1                                   |
| 4.5                         | 5.0                                   |

#### 4.7 สถานีสูบน้ำเสียแบบบ่อเปือก

สถานีสูบน้ำเสียแบบบ่อเปือกมักจะใช้เครื่องสูบน้ำแบบแช่น้ำ ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดค่าก่อสร้างและงานดินในส่วนของบ่อแห้งไปได้ และลดปัญหาเรื่องเสียง ซึ่งมีข้อพิจารณาในการออกแบบ ดังนี้

- ท่อน้ำเข้าไม่จำเป็นต้องอยู่กลางผนังของบ่อเปือกหรือตรงข้ามกับเครื่องสูบน้ำ แต่การวางไว้กลางผนังของบ่อเปือกจะทำให้การแบ่งน้ำเข้าเครื่องสูบน้ำได้ง่ายขึ้น
- ท่อน้ำเข้าควรยื่นเข้าไปในตัวบ่อสูบน้ำเล็กน้อยและควรมีแผงกันกันน้ำไม่ให้ไหลเข้าบ่อสูบน้ำในลักษณะพุ่ง และควรมีแผ่นกันซึ่งมีการเจาะรูเพื่อกระจายน้ำเข้าหาเครื่องสูบน้ำอย่างราบเรียบและป้องกันน้ำวนด้วย
- ระดับน้ำต่ำสุดในบ่อสูบน้ำต้องอยู่เหนือช่องเปิดหรือรูของแผงกันและไม่ควรต่ำกว่าส่วนสูงสุดของเครื่องสูบน้ำ และควรคำนึงอยู่เสมอว่าระดับน้ำต่ำสุดจะถูกควบคุมด้วยค่า available NPSH
- ระยะห่างต่ำสุดระหว่างเครื่องสูบน้ำกับผนังของบ่อเปือกหรือระยะห่างต่ำสุดระหว่างเครื่องสูบน้ำ (ในกรณีมีเครื่องสูบน้ำหลายชุด) สามารถศึกษาได้จากคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องสูบน้ำ โดยส่วนใหญ่ระยะห่างดังกล่าวจะขึ้นกับอัตราสูบ แต่โดยทั่วไปกำหนดให้เครื่องห่างกับผนังของบ่อเปือกไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร และมีระยะห่างระหว่างเครื่องสูบน้ำ (ส่วนนอกสุดของเครื่องสูบน้ำ) ไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร
- หากต้องเพิ่มปริมาตรของบ่อเปือก การเพิ่มขนาดความยาวจากช่องน้ำเข้าไปจนถึงตัวสูบน้ำจะเหมาะสมกว่าการเพิ่มด้านกว้าง เนื่องจากถ้าความกว้างของบ่อเปือกมากเกินไป จะทำให้เครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่องมีระยะห่างกันมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการสะสมของเศษวัสดุต่าง ๆ โดยปกติจะออกแบบให้มีระยะห่างระหว่างเครื่องสูบน้ำมากกว่าค่าต่ำสุดเพียงเล็กน้อย (ค่าต่ำสุดสามารถศึกษาได้จากผู้ผลิตเครื่องสูบน้ำ)
- กันบ่อเปือกควรมีความลาดเข้าหาเครื่องสูบน้ำเล็กน้อย ซึ่งมีความลาดประมาณ 100 : 15
- มอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำแบบแช่น้ำจะได้รับการหล่อเย็นตลอดเวลาด้วยน้ำ การสตาร์ทจึงอาจทำได้ถี่กว่ามอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำที่วางในบ่อแห้ง ดังนั้นอาจใช้ความถี่ในการสตาร์ทสูงถึง 15 ครั้ง/ชั่วโมง อย่างไรก็ตามควรพิจารณาถึงความสามารถในการรองรับของระบบไฟฟ้าด้วย เพื่อป้องกันความร้อนสูงจนอาจเกิดไฟไหม้ โดยเฉพาะที่เบรกเกอร์

#### 4.8 ปริมาตรของบ่อเปียก

บ่อเปียกเป็นองค์ประกอบหลักของสถานีสูบน้ำเสียและควรมีปริมาตรเพียงพอซึ่งไม่ทำให้เครื่องสูบน้ำเริ่มเดินเครื่องถี่จนเกินไป เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำ แต่ในทางกลับกันผู้ออกแบบต้องระวังไม่ให้บ่อเปียกมีขนาดใหญ่จนเกินไปเช่นกัน เนื่องจากอาจจะทำให้น้ำเสียในบ่อเปียกเกิดการเน่าเหม็น และเกิดก๊าซพิษขึ้นได้ โดยปกติบ่อเปียกควรมีเวลากักน้ำไม่เกิน 30 นาที แม้ที่อัตราไหลต่ำสุด

##### 4.8.1 การหาปริมาตรต่ำสุดของบ่อเปียก

การหาปริมาตรต่ำสุดของบ่อเปียกสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4 - 1

$$V = (\theta q)/4 \quad (4 - 1)$$

โดยที่  $V$  = ปริมาตรต่ำสุดของบ่อเปียก, ลบ.ม.  
 $\theta$  = เวลาต่ำสุดเมื่อเครื่องสูบน้ำทำงานครบวัฏจักร, นาที  
 $q$  = อัตราสูบ, ลบ.ม./นาที

ปริมาตรต่ำสุดของบ่อเปียก ( $V$ ) จะเท่ากับความแตกต่างของระดับน้ำเมื่อเครื่องสูบน้ำเริ่มสตาร์ทจนกระทั่งหยุดเดินเครื่องสูบน้ำ ซึ่งอาจหมายถึงการทำงานของเครื่องสูบน้ำชุดเดียวหรือที่อัตราเร็วรอบหนึ่ง ๆ ของเครื่องสูบน้ำแบบปรับอัตราเร็วรอบได้

เวลาเมื่อเครื่องสูบน้ำทำงานครบวัฏจักร หมายถึง เวลานั้นตั้งแต่เครื่องสูบน้ำเริ่มเดิน หยุดเดิน และเริ่มเดินใหม่อีกครั้ง หรือถ้าเป็นเครื่องสูบน้ำแบบปรับอัตราเร็วรอบได้ จะหมายถึง เวลาเมื่อเริ่มเปลี่ยนรอบใบพัดให้สูงขึ้น เปลี่ยนกลับที่ความเร็วรอบเดิม และเปลี่ยนความเร็วรอบให้สูงขึ้นอีกครั้ง ถ้าเครื่องสูบน้ำมีเวลาทำงานครบวัฏจักร ( $\theta$ ) เท่ากับ 10 นาที เครื่องสูบน้ำนั้นควรเริ่มเดินไม่เกิน 6 ครั้ง/ชั่วโมง เวลาต่ำสุด เมื่อเครื่องสูบน้ำทำงานครบวัฏจักรจะขึ้นอยู่กับขนาดของมอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เวลาต่ำสุดเมื่อเครื่องสูบน้ำทำงานครบวัฏจักร เมื่อเครื่องสูบน้ำมีมอเตอร์ขนาดต่าง ๆ

| ขนาดมอเตอร์, กิโลวัตต์ | นาที (อย่างน้อย)     |
|------------------------|----------------------|
| < 15                   | 10 (นิยมที่ 15 นาที) |
| 15 – 75                | 15                   |
| 76 - 200               | 20 – 30              |
| > 200                  | สอบถามจากผู้ผลิต     |

นอกจากนี้อัตราสูบ ( $q$ ) อาจหมายถึง การทำงานของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานเพียง 1 ชุด หรือหมายถึง อัตราสูบที่เพิ่มขึ้นเมื่อเครื่องสูบน้ำอีกชุดหนึ่งเริ่มทำงาน(ทำงานร่วมกัน)กับเครื่องสูบน้ำชุดที่เริ่มทำงานก่อนหน้านี้ หรือที่อัตราเร็วรอบสูงขึ้น



#### 4.8.2 ข้อพิจารณาในการหาปริมาณต่ำสุดของบ่อเปียก

- ในกรณีที่สถานีสูบน้ำมีเครื่องสูบน้ำเพียงชุดเดียว สามารถหาปริมาณต่ำสุดได้ดังสมการที่ 4 – 1 แต่ในกรณีที่ออกแบบให้มีเครื่องสูบน้ำสำรองด้วย (ซึ่งมีขนาดเท่ากัน) และมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมให้เครื่องสูบน้ำทั้ง 2 เครื่อง สลับกันทำงานเมื่อเริ่มต้นวันจักรใหม่ทุกครั้ง จะทำให้ปริมาณต่ำสุดที่คำนวณได้ลดลงครึ่งหนึ่ง
- ถ้าเครื่องสูบน้ำเป็นแบบปรับความเร็วรอบได้ จะทำให้อัตราสูบเพิ่มขึ้นตามอัตราไหลที่เข้าบ่อเปียก ย่อมทำให้ปริมาณต่ำสุดของบ่อเปียกน้อยกว่าการใช้เครื่องสูบน้ำแบบรอบคงที่
- ในกรณีที่สถานีสูบน้ำมีเครื่องสูบน้ำหลายชุดและทำงานร่วมกันแบบขนานกัน (ซึ่งนิยมใช้กับน้ำเสียชุมชน โดยเฉพาะในระบบท่อระบายรวม) ปริมาณของบ่อเปียกจะขึ้นกับวิธีการเดินเครื่องสูบน้ำ ถ้าเครื่องสูบน้ำแต่ละชุดเดินและหยุดทำงานเป็นลำดับตามระดับน้ำในบ่อเปียกที่สูงขึ้นและลดลงตามลำดับ สามารถหาปริมาณต่ำสุดของบ่อเปียกได้จากผลรวมของปริมาณต่ำสุดที่คำนวณได้จากการทำงานของเครื่องสูบน้ำในแต่ละลำดับและตามอัตราสูบที่เพิ่มขึ้น แต่ผู้ออกแบบควรระมัดระวังในการกำหนดอัตราสูบที่เพิ่มขึ้นเมื่อเครื่องสูบน้ำทำงานร่วมกัน เนื่องจากเมื่อมีอัตราสูบรวมมากขึ้นจะทำให้การสูญเสียเฮดในท่อจ่ายเพิ่มขึ้นด้วย(ใช้ท่อจ่ายหลักร่วมกัน) โดยปกติเมื่อเครื่องสูบน้ำทำงานร่วมกัน จะทำให้อัตราสูบเฉลี่ยต่อเครื่องสูบน้ำ 1 ชุดลดลง เช่น ถ้าเครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่องมีอัตราสูบ 300 ลิตร/นาที่ ในขณะที่เครื่องสูบน้ำทำงานเพียงตัวเดียวจะได้อัตราสูบเท่ากับ 300 ลิตร/นาที่ แต่ถ้าเครื่องสูบน้ำทำงานพร้อมกัน 2 เครื่อง จะทำให้เครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่องมีอัตราสูบน้อยกว่า 300 ลิตร/นาที่ หรืออัตราสูบรวมน้อยกว่า 600 ลิตร/นาที่ ส่วนการหาอัตราไหลของเครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่อง เมื่อเครื่องสูบน้ำทำงานพร้อมกันนั้น จำเป็นต้องปรับแก้เส้นโค้งลักษณะเครื่องสูบน้ำและเส้นโค้งเฮด-ขีดความสามารถของระบบ วิธีการปรับแก้สามารถศึกษาได้จากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องหรือจากผู้ผลิตเครื่องสูบน้ำ

#### 4.9 แควิเตชัน (cavitation)

แควิเตชันเป็นปรากฏการณ์การเกิดโพรงในของเหลวหรือการเดือดของของเหลวที่ไพบัตหรือทางเข้าของเครื่องสูบล ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure) ที่ไพบัตหรือทางเข้าของเครื่องสูบลมีค่าต่ำกว่าเท่าความดันไอ (vapor pressure) ของของเหลวที่ถูกสูบ ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นจะทำให้อัตราไหลลดลง ในสภาวะรุนแรงจะทำให้เครื่องสูบลสูญเสียการล่อน้ำและจะทำให้ผิวไพบัตเกิดหลุม เกิดเสียงดัง ซึ่งในท้ายที่สุดจะทำให้เครื่องสูบลเสียหาย

การป้องกันการเกิดแควิเตชันสามารถตรวจสอบและออกแบบให้ค่า required NPSH น้อยกว่า available NPSH อย่างน้อย 1 เมตร

ค่า required NPSH หมายถึง เฮดที่ไพบัตหรือทางเข้าของเครื่องสูบลเมื่อเครื่องสูบลทำงาน ซึ่งจะเป็นข้อมูลเฉพาะของแต่ละเครื่องสูบลและของแต่ละผู้ผลิตซึ่งได้จากการทดสอบการทำงานของเครื่องสูบล ส่วนค่า available NPSH หมายถึง ค่าเฮดทางดูดของระบบซึ่งคิดที่ไพบัตหรือทางเข้าของเครื่องสูบล ซึ่งขึ้นอยู่กับ การออกแบบตำแหน่งของท่อดูดหรือเครื่องสูบล และสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4 - 2

$$\begin{aligned} \text{NPSH}_{av} &= H_{abso} + H_s - h_L - H_{vp} & (4 - 2) \\ \text{โดยที่ } \text{NPSH}_{av} &= \text{available NPSH, เมตร} \\ H_{abso} &= \text{ความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure) ที่ผิวของเหลวในบ่อสูบล} \\ &= \text{เมตร (ขึ้นอยู่กับระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล)} \\ H_s &= \text{เฮดสถิตของของเหลวเหนือจุดศูนย์กลางของเครื่องสูบล, เมตร} \\ &= \text{(หากระดับของเหลวต่ำกว่าจุดศูนย์กลาง } H_s \text{ จะมีค่าเป็นลบ)} \\ h_L &= \text{เฮดสูญเสียทั้งหมดในท่อดูด, เมตร (เฮดสูญเสียเนื่องจากความฝืด} \\ &= \text{ของท่อ รวมกับเฮดสูญเสียรอง)} \\ H_{vp} &= \text{ความดันไอสัมบูรณ์ของของเหลว, เมตร (ซึ่งขึ้นอยู่กับ} \\ &= \text{อุณหภูมิของของเหลวในเครื่องสูบล)} \end{aligned}$$

## 4.10 อุปกรณ์ควบคุม

### 4.10.1 อุปกรณ์ควบคุมการเดินและตัดเครื่องสูบล

การเดินและตัดเครื่องสูบลเป็นแบบอัตโนมัติ ควบคุมโดยใช้ระดับน้ำในบ่อเปียกเป็นหลัก ผ่านอุปกรณ์วัดระดับน้ำชนิดต่าง ๆ เช่น สวิทช์ลูกลอย หลอดฟองอากาศ (bubbler systems) เครื่องตรวจวัดแบบอัลตราโซนิก (ultrasonic sensors) และเครื่องตรวจวัดระดับแช่น้ำ(submersible level sensors) เป็นต้น อย่างไรก็ตามระบบควบคุมโดยใช้คนบังคับก็ยังเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องจัดไว้สำหรับกรณีฉุกเฉิน เช่น อุปกรณ์อัตโนมัติไม่ทำงานหรือมีการซ่อมแซม เป็นต้น

#### 4.10.1.1 สวิทช์ลูกลอย

การติดตั้งลูกลอยแนะนำให้ติดตั้งโดยยึดไว้กับท่อแนวดิ่ง (โดยปกติใช้ท่อ 1 นิ้ว) เนื่องจาก การแขวนด้วยสายเคเบิลจะเกิดการแกว่งและอาจทำให้เศษขยะติดลูกลอยหรือสายเคเบิล ซึ่งทำให้การทำงานผิดพลาดได้ และเพื่อป้องกันลูกลอยแต่ละจุดเกี่ยวกันเองหรือกีดขวางกัน ควรแยกลูกลอยแต่ละชุดไว้บนท่อคนละเส้น

#### 4.10.1.2 หลอดฟองอากาศ

หลอดฟองอากาศทำงานโดยอัดลมปริมาณเล็กน้อยลงในท่อปลายเปิดซึ่งแช่อยู่ในบ่อเปียก ความดันที่ดันขึ้นมาในท่อลมขึ้นอยู่กับระดับน้ำว่าลึกเท่าใด ความดันนี้นำมาแปลงเป็นค่าความลึกของน้ำได้ ระบบนี้ต้องการการดูแลรักษาต่ำ เพราะมีลมช่วยอัดตลอดเวลา จึงทำให้หลอดสะอาดตลอดเวลา แต่อาจต้องมีการขยายสัญญาณ เนื่องจากความดันที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากระดับน้ำมีค่าน้อยมาก

#### 4.10.1.3 เครื่องตรวจวัดแบบอัลตราโซนิก

เครื่องตรวจวัดแบบอัลตราโซนิกสามารถคำนวณหาความลึกได้โดยการปล่อยคลื่นเหนือเสียงเพื่อวัดระยะระหว่างเครื่องตรวจวัดกับผิวน้ำ เครื่องแบบนี้ไม่มีปัญหาเนื่องจากการอุดตันและขยะ แต่ในบางกรณีการทำงานของเครื่องอาจถูกรบกวนโดยวัตถุลอยน้ำขนาดใหญ่ โฟม น้ำวน ความปั่นป่วนของน้ำ และผนังซึ่งสะท้อนคลื่น และการติดตั้งเครื่องตรวจวัดต้องห่างจากผนังเพื่อป้องกันการรบกวนจากการสะท้อน

#### 4.10.1.4 อุปกรณ์ประกอบ

สถานีสูบลควรมีอุปกรณ์เตือนภัยสำหรับกรณีฉุกเฉินและต้องแก้ไขเร่งด่วนหรือกรณีต้องหนีภัย เช่น น้ำท่วม เครื่องสูบลไม่ทำงาน ระดับน้ำในบ่อเปียกสูงเกินไป เป็นต้น สำหรับสถานีสูบลที่ไม่มีคนเฝ้า ควรมีการต่อสัญญาณไปยังศูนย์ควบคุมด้วย

สำหรับสถานีสูบลขนาดกลางและใหญ่ ควรมีมาตรวัดอัตราการสูบลรวมทั้งอุปกรณ์บันทึกและ มาตรวัดความดันในท่อส่งด้วย ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการดูแล วางแผน และขยายระบบ แต่เนื่องจากน้ำเสียมีสิ่งสกปรกมากมายซึ่งทำให้เกิดการอุดตันได้ อุปกรณ์วัดการไหลจึงควรเป็นชนิดอุดตันได้ยาก เช่น แบบเวนจูรี แม่เหล็ก หรืออัลตราโซนิก เป็นต้น

#### 4.11 การป้องกันกลิ่นและระบายอากาศ

สถานีสูบซึ่งเป็นพื้นที่ปิดและมีการระบายอากาศไม่ดี จำเป็นต้องมีการติดตั้งระบบระบายอากาศหรือนำระบบระบายอากาศชั่วคราวมาติดตั้งเมื่อต้องมีเจ้าหน้าที่เข้าไป เพราะอาจมีก๊าซพิษที่มีอันตรายร้ายแรงจนถึงแก่ชีวิตสะสมอยู่ และถ้ามีการติดตั้งตะแกรงดักขยะหรืออุปกรณ์ทางกลที่ต้องทำความสะอาดหรือตรวจสอบเป็นประจำอยู่ ต้องพิจารณาติดตั้งระบบระบายอากาศไว้เป็นการถาวรด้วย

สิทธิศควมการทำงานของระบบระบายอากาศต้องมีการทำเครื่องหมายให้ชัดเจนและ ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่าย และในกรณีที่ใช้ระบบอัตโนมัติควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ระบายอากาศแบบไม่ต่อเนื่อง จำเป็นต้องมีระบบซึ่งสามารถควบคุมโดยเจ้าหน้าที่ไว้ด้วย (manual) นอกจากนี้อาจมีการเชื่อมเข้ากับระบบแสงสว่างของพื้นที่ชั้นล่างของสถานีสูบ เมื่อเปิดสวิทช์เดียวจะทำให้อุปกรณ์ระบายอากาศและระบบไฟส่องสว่างทำงานพร้อมกัน

ความดันบรรยากาศในบ่อเปียกควรมีค่าเป็นบวกหรือต้องมีการระบายอากาศแบบเป่าออกเพื่อป้องกันหรือลดการดูดอากาศจากท่อระบายน้ำเข้ามาในบ่อเปียก ส่วนการระบายอากาศสำหรับบ่อแห้ง จะใช้การดูดเข้าหรือเป่าออกก็ได้ ในสถานีขนาดใหญ่อาจต้องใช้ควบคู่กันไป เพื่อให้การระบายอากาศทั่วถึงทั้งสถานีสูบ

ระบบระบายอากาศแบบต่อเนื่องในบ่อเปียกควรถ่ายเทอากาศได้อย่างน้อย 12 เท่าของปริมาตรห้อง/ชั่วโมง ส่วนแบบไม่ต่อเนื่องควรระบายอากาศได้อย่างน้อย 30 เท่าของปริมาตรห้อง/ ชั่วโมง สำหรับระบบระบายอากาศแบบต่อเนื่องในบ่อแห้งควรถ่ายเทอากาศได้อย่างน้อย 6 เท่าของปริมาตรห้อง/ชั่วโมง ส่วนแบบไม่ต่อเนื่องควรระบายอากาศได้อย่างน้อย 30 เท่าของปริมาตรห้อง/ชั่วโมง

ระบบระบายอากาศที่สามารถปรับอัตราเร็วได้ อาจตั้งอัตราระบายอากาศที่ 30 เท่าของปริมาตรห้อง/ชั่วโมง ใน 10 นาทีแรก หลังจากนั้นจึงปรับลดลงเป็น 6 เท่าของปริมาตรห้อง/ชั่วโมง เพื่อประหยัดพลังงาน ควรพิจารณาผลกระทบเรื่องกลิ่นเมื่อระบายอากาศภายในสถานีสูบออกสู่ภายนอก หากสถานีสูบอยู่ในเขตชุมชนควรมีระบบกำจัดกลิ่น เช่น ระบบกำจัดกลิ่นแบบเปียก (wet scrubber) และระบบกำจัดกลิ่นแบบกรองชีวภาพ (biological filter)

บทนี้กล่าวถึง ประเภทและองค์ประกอบของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (หรือกระบวนการบำบัดน้ำเสีย) ข้อพิจารณาและปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ พร้อมทั้งแนะนำกระบวนการที่เหมาะสมกับน้ำเสียชุมชน และสภาพท้องถิ่นของประเทศไทย ส่วนคำกำหนดการออกแบบของแต่ละกระบวนการหน่วย (unit process) จะกล่าวต่อไปในบทที่ 6 - 10

### 5.1 ประเภทของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ถ้าจะแบ่งประเภทตามระดับของการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (หรือระดับของการบำบัดน้ำเสีย) สามารถแบ่งเป็นการบำบัดขั้นเตรียมการ (preliminary treatment) การบำบัดขั้นต้น (primary treatment) การบำบัดขั้นสอง (secondary treatment) การฆ่าเชื้อ (โรค) (disinfection) และการบำบัดขั้นสูง (advanced treatment) ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อกำจัดสารมลพิษที่แตกต่างกันและมักจะวางเรียงกัน ตามลำดับของระดับของการบำบัด นอกจากนี้บางกระบวนการต้องมีการบำบัดและกำจัดสลัดจ์ (sludge treatment and disposal) ด้วย เช่น กระบวนการเอเอสหรือแอกทิเวเตดสลัดจ์ (activated sludge; AS) เป็นต้น

#### 5.1.1 การบำบัดขั้นเตรียมการ

การบำบัดขั้นเตรียมการเป็นการบำบัดลำดับแรกของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีจุดประสงค์เพื่อเตรียมน้ำเสียให้เหมาะกับการบำบัดในขั้นตอนต่อไปหรือเพื่อป้องกันอุปกรณ์หรือเครื่องจักรเกิดความเสียหาย การบำบัดขั้นเตรียมการมักเป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางกายภาพ ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ ดังนี้

##### 5.1.1.1 ตะแกรง (screen)

ตะแกรงมีหน้าที่ดักขยะที่มีขนาดใหญ่ออกจากน้ำเสีย เพื่อป้องกันท่ออุดตันและป้องกัน อุปกรณ์หรือเครื่องจักรเสียหาย เช่น มาตรการไหล วาล์ว เครื่องสูบน้ำเสีย เป็นต้น โดยส่วนใหญ่ มักวางตะแกรงในรางน้ำเข้าของสถานีสูบน้ำเสีย

##### 5.1.1.2 ถังดักกรวดทราย (grit chamber)

ถังดักกรวดทรายมีหน้าที่กำจัดสารแขวนลอยหนัก เช่น กรวด ทราย เมล็ดพืช เป็นต้น เพื่อป้องกันท่ออุดตันและป้องกันถังบำบัด (ในการบำบัดขั้นสอง) ตื่นเขิน รวมทั้งเป็นการป้องกันอุปกรณ์หรือเครื่องจักรสึกหรอ แต่ในบางกระบวนการ เช่น บ่อปรับเสถียร (stabilization pond; SP) สระเติมอากาศ (aerated lagoon; AL) เป็นต้น อาจไม่ต้องใช้ถังดักกรวดทรายเป็นการบำบัดก่อนหน้าก็ได้ เนื่องจากกระบวนการดังกล่าวมีพื้นที่บ่อมาก ซึ่งต้องเดินระบบเป็นเวลานาน (อาจถึง 10 ปี) บ่อจึงจะตื่นเขิน การขุดลอกนาน ๆ ครั้งจึงอาจมีความคุ้มค่ากว่าการก่อสร้างถังดักกรวดทรายไว้แต่แรก

#### 5.1.1.3 ถังปรับเสมอ (equalizing tank; EQ)

ถังปรับเสมอมีหน้าที่ปรับอัตราไหลและอัตราการอินทรีย์ (organic loading rate) ให้สม่ำเสมอหรือคงที่ก่อนป้อนเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งทำให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยความสม่ำเสมอ สำหรับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนซึ่งมีพื้นที่บริการขนาดใหญ่ เช่น เทศบาลตำบล เทศบาลเมือง เทศบาลนคร เป็นต้น อาจไม่ต้องใช้ถังปรับเสมอก็ได้ เนื่องจาก อัตราไหลแปรผันไม่มากนัก แต่ถ้าเป็นชุมชนขนาดเล็กหรือมีพื้นที่บริการขนาดเล็ก เช่น หมู่บ้าน อาคารสูง เป็นต้น อัตราไหลมีการแปรผันในช่วงกว้างกว่า ดังนั้นควรมีถังปรับเสมอก่อนป้อนน้ำเสียเข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียต่อไป

#### 5.1.1.4 มาตรวัดการไหล (flow meter)

ถึงแม้มาตรวัดการไหลไม่ใช่หน่วยที่กำจัดการมลพิษโดยตรง แต่การวัดอัตราไหลของน้ำเสียก่อนเข้ากระบวนการบำบัดน้ำเสียมีความสำคัญอย่างยิ่งในการตรวจสอบและปรับปรุงการเดินระบบ เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การควบคุมปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ การคำนวณปริมาณสารเคมีที่จะใช้ การควบคุมอัตราไหลของสลัดจ์เวียนกลับในระบบเอเอส เป็นต้น

### 5.1.2 การบำบัดขั้นต้น

การบำบัดขั้นต้นมีหน้าที่กำจัดการอินทรีย์ในรูปของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำเสีย ซึ่งเป็นการลดขนาดของกระบวนการบำบัดขั้นสองหรือต้องการแยกสลัดจ์ขั้นต้น (primary sludge) และนำไปย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน หรือเรียกว่าการย่อยสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก (anaerobic digestion) ซึ่งจะได้ก๊าซชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์ การบำบัดขั้นต้นมักเป็นการบำบัดด้วยกระบวนการทางกายภาพ เช่น ถังตกตะกอนขั้นต้น (primary sedimentation tank) ตะแกรงละเอียด (fine screen) เป็นต้น อย่างไรก็ตามถ้าเลือกใช้กระบวนการบำบัดขั้นสองที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในรูปของของแข็งแขวนลอยได้อยู่แล้ว เช่น บ่อปรับเสถียร สระเติมอากาศ เอเอสแบบเติมอากาศยืดเวลา (extended aeration activated sludge; EAAS) เป็นต้น ก็ไม่จำเป็นต้องใช้การบำบัดขั้นต้น

### 5.1.3 การบำบัดขั้นสอง

การบำบัดขั้นสองที่ใช้กับกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชนมีจุดประสงค์หลักเพื่อกำจัดการอินทรีย์ ในน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ สามารถแบ่งย่อยตามปฏิกิริยาชีวเคมีได้ดังนี้

#### 5.1.3.1 แอโรบิก (aerobic)

กระบวนการแอโรบิกเป็นกระบวนการที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ที่ดำรงชีพด้วยออกซิเจนอิสระ (aerobes) เช่น เอเอส สระเติมอากาศ อาร์บีซี (rotating biological contractor, RBC) ไพรยกรอง (trickling filter, TF) เป็นต้น ผลจากการย่อยสลายสารอินทรีย์จะได้น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลผลิต

#### 5.1.3.2 แอนแอโรบิก (anaerobic)

กระบวนการแอนแอโรบิกเป็นกระบวนการที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ที่ดำรงชีพโดยไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ (anaerobes) เช่น บ่อแอนแอโรบิก (anaerobic pond) ถังกรองไร้อากาศ (anaerobic filter) ยูเอเอสบี (upflow anaerobic sludge blanket, UASB) เป็นต้น ผลจากการย่อยสลายสารอินทรีย์จะได้ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเป็นผลผลิต

กระบวนการแอนแอโรบิกมักใช้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงและมักใช้เป็นกระบวนการบำบัดก่อนหน้า (pretreatment) เพื่อลดภาระอินทรีย์หรือลดการใช้พลังงานในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพขั้นตอนต่อไป

#### 5.1.3.3 แฟคัลเททีฟ (facultative)

กระบวนการแฟคัลเททีฟเป็นกระบวนการที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ที่ดำรงชีพได้ทั้งในสภาวะที่มีหรือไม่มีออกซิเจนอิสระ เช่น บ่อแฟคัลเททีฟ (facultative pond) เอเอสแบบแอนแอโรบิก - แอโรบิก (การกำจัดธาตุอาหารด้วยกระบวนการชีวภาพ) เป็นต้น

#### 5.1.3.4 การหมัก (fermentation)

การหมักเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง (ไม่ใช่การย่อยสลาย) โดยอาศัยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ เช่น การเปลี่ยนแป้งเป็นอัลกอฮอล์ การเปลี่ยนโปรตีนเป็นกรดอะมิโน เป็นต้น โดยส่วนใหญ่การหมักมักใช้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงและใช้เป็นการบำบัดก่อนหน้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพขั้นตอนต่อไป

### 5.1.4 การฆ่าเชื้อ

การฆ่าเชื้อคือการกำจัดจุลินทรีย์ต่าง ๆ ออกจากน้ำทิ้ง การฆ่าเชื้อมักกระทำหลังจากการบำบัดขั้นสองแล้ว กระบวนการฆ่าเชื้อที่นิยมใช้ ได้แก่ บ่อบ่มและถังสัมผัสคลอรีน

ถ้าน้ำเสียมีความเข้มข้นต่ำ (โดยเฉพาะน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย) การฆ่าเชื้ออาจไม่จำเป็นมากนัก เนื่องจากกระบวนการบำบัดขั้นสองก็มีความสามารถฆ่าเชื้อด้วยตัวมันเองอยู่แล้ว

### 5.1.5 การบำบัดขั้นสูง

การบำบัดขั้นสูงมักเป็นการบำบัดน้ำทิ้งจากการบำบัดขั้นสองให้มีคุณภาพสูงขึ้นตามวัตถุประสงค์ หรือคุณภาพน้ำทิ้งที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 5.1.5.1 การกำจัดธาตุอาหาร

ถึงแม้ว่าน้ำทิ้งจากการบำบัดขั้นสองมีค่าบีโอดีต่ำก็ตาม แต่เมื่อระบายทิ้งลงสู่แหล่งรับน้ำ ก็อาจก่อให้เกิดปัญหาหากลพิษทางน้ำได้ โดยการเกิดสภาวะอัลกัลบลูม (algal bloom) ซึ่งถ้าจะป้องกันปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียด้วย ซึ่งสามารถกระทำได้ทั้งกระบวนการทางเคมีและชีวภาพ

#### 5.1.5.2 การนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่

การเลือกกระบวนการบำบัดจะขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำทิ้งที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ เช่น รดน้ำสนาม ล้างรถ น้ำชักโครก น้ำล้างพื้นหรือถนน เป็นต้น กระบวนการบำบัดอาจประกอบด้วย ถังกรอง การฆ่าเชื้อด้วยสารที่ไม่ตกค้าง (เช่น โอโซน แสงอัลตราไวโอเลตหรือยูวี เป็นต้น) กระบวนการ ออสโมซิสผันกลับหรืออาร์โอ (reverse osmosis; RO) การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (activated carbon adsorption) เป็นต้น

### 5.1.6 การนำน้ำทิ้งไปใช้เพื่อการเกษตรกรรม

น้ำทิ้งจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนมีธาตุอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นอาจนำน้ำทิ้งดังกล่าวไปใช้ในการเกษตรกรรมได้โดยไม่ต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำเพิ่มเติม จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ในประเทศไทย) พบว่า การนำน้ำทิ้งจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนไปปลูกพืชต่างๆ เช่น ข้าว ผัก ไม้ดอก เป็นต้น ให้ผลผลิตที่มีความปลอดภัยและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างจากการใช้น้ำตามธรรมชาติ แต่เนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวเป็นการทดลองประมาณ 2 ปีเท่านั้น ผู้ออกแบบจึงควรระมัดระวังอย่างยิ่ง ถ้านำน้ำทิ้งดังกล่าวไปใช้ในการเกษตรกรรม เนื่องจากอาจจะเกิดผลกระทบในระยะยาวได้

### 5.1.7 การบำบัดและกำจัดสลัดจ์

สลัดจ์ขั้นต้น (สลัดจ์ที่ได้จากการบำบัดขั้นต้น) หรือสลัดจ์ขั้นสอง (สลัดจ์ส่วนเกินที่ได้จากการบำบัดขั้นสอง) ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายต่อไปได้ง่าย (หรือยังไม่คงตัว) นั้นต้องได้รับการบำบัดและกำจัดให้มีความคงตัวต่อไป มิฉะนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาการเน่าเหม็นในภายหลัง โดยทั่วไปการบำบัดและกำจัดสลัดจ์มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้



#### 5.1.7.1 การทำชั้นสลัดจ์ (sludge thickening)

การทำชั้นสลัดจ์เป็นการเพิ่มความเข้มข้นเพื่อให้เหมาะสมหรือเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดขั้นต่อไป เช่น การปรับเสถียรสลัดจ์ การแยกน้ำจากสลัดจ์ เป็นต้น การทำชั้นสลัดจ์มีหลายแบบ ได้แก่ ถังทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วง (gravity thickener) การลอยตัวด้วยอากาศละลายหรือดีเอเอฟ (dissolved air flotation; DAF) และเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)

#### 5.1.7.2 การปรับเสถียรสลัดจ์ (sludge stabilization)

การปรับเสถียรสลัดจ์เป็นการปรับให้สลัดจ์มีสภาพเสถียรหรือเป็นการย่อยสลายสลัดจ์ให้มีความคงตัว เพื่อป้องกันการเน่าเหม็น(เมื่อนำไปทิ้ง)นั่นเอง การปรับเสถียรสลัดจ์มีหลายวิธี เช่น การย่อยสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก (anaerobic digestion) การย่อยสลัดจ์แบบแอโรบิก (aerobic digestion) การหมักทำปุ๋ย (composting) เป็นต้น สำหรับสลัดจ์ส่วนเกินที่ได้จากระบบการเอเอสแบบเติมอากาศ ยึดเวลามักถูกย่อยสลายในถังเติมอากาศจนมีความคงตัวอยู่แล้ว ดังนั้นไม่จำเป็นต้องมีการปรับเสถียรสลัดจ์อีก

#### 5.1.7.3 การแยกน้ำจากสลัดจ์ (sludge dewatering)

การแยกน้ำจากสลัดจ์เป็นการลดปริมาตรสลัดจ์ก่อนนำไปกำจัด เพื่อความสะดวกในการขนย้าย ลดค่าใช้จ่ายสำหรับการขนส่งและการกำจัด การแยกน้ำมีหลายวิธี ได้แก่ สายพานรีดน้ำ (belt press) เครื่องอัดกรอง (filter press) และเครื่องหมุนเหวี่ยง

#### 5.1.7.4 การกำจัดสลัดจ์

การกำจัดสลัดจ์เป็นการนำสลัดจ์ที่ผ่านการปรับเสถียรและการแยกน้ำจากสลัดจ์แล้ว ไปกำจัดในขั้นตอนสุดท้าย เช่น การฝังกลบ ปรับปรุงดินสำหรับการเกษตร เป็นต้น นอกจากนี้อาจนำสลัดจ์ไปทำลายจนสิ้นสภาพด้วยการเผา (incineration) แต่เป็นวิธีที่มีการลงทุนสูงมาก

### 5.2 หัวข้อพิจารณาในการเลือกกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

#### 5.2.1 ประสพการณ์ในอดีต

ให้วิเคราะห์และวิจารณ์ (แยกแยะและออกความเห็นว่ามีข้อดีและข้อเสียอย่างไร) ข้อมูลจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนที่ดำเนินการแล้วในอดีต ทั้งในแง่ของประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือ ความต้องการบุคลากร ความยากง่ายในการควบคุมระบบ งบประมาณในการลงทุน งบประมาณในการเดินระบบ ปัญหา และอุปสรรคต่าง ๆ

### 5.2.2 ลักษณะน้ำเสียและคุณภาพน้ำทิ้งที่ต้องการ

ถ้าน้ำเสียมีความเข้มข้นต่ำ เช่น น้ำเสียชุมชน (โดยเฉพาะน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย) เป็นต้น อาจเลือกกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ไม่ซับซ้อนมากนัก เช่น บ่อปรับเสถียร สระเติมอากาศ เป็นต้น ยกเว้นชุมชนที่มีพื้นที่จำกัดหรือที่ดินมีราคาแพง จำเป็นต้องเลือกกระบวนการที่มีความซับซ้อนมากขึ้นแต่ใช้พื้นที่น้อย อาจจะทำให้คุ้มค่ากว่า เช่น กระบวนการเอเอส เป็นต้น แต่ถ้าในอนาคตมีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่เข้มงวดขึ้น โดยเฉพาะการจำกัดปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้ง อาจต้องเลือกใช้กระบวนการที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น ระบบเอเอสแบบแอนอกซิก - แอโรบิกหรือ แบบแอนแอโรบิก - แอโรบิก เป็นต้น

ถ้าน้ำเสียมีความเข้มข้นสูง เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท การเลือกใช้กระบวนการชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือกระบวนการแอนแอโรบิก อาจมีความคุ้มค่ากว่า

### 5.2.3 ราคาที่ดิน

ชุมชนที่มีการพัฒนามากมักมีพื้นที่จำกัดและมีราคาแพงมาก การเลือกกระบวนการบำบัดที่ใช้พื้นที่น้อยอาจมีความคุ้มค่ากว่า แต่ต้องใช้เครื่องจักรมากและมีความซับซ้อนในการเดินระบบ ส่วนชุมชนที่ไม่มีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ มักมีราคาที่ดินไม่แพงมากนัก ควรเลือกกระบวนการที่ง่ายและไม่ซับซ้อน เช่น บ่อปรับเสถียร สระเติมอากาศ เป็นต้น อย่างไรก็ตามนอกจากราคาที่ดินแล้ว ควรคำนึงถึงระยะห่างระหว่างชุมชนด้วย ซึ่งจะมีผลต่องบประมาณในการลงทุนและการดำเนินการของระบบรวบรวมน้ำเสีย

หากชุมชนมีที่ดินสาธารณะสำหรับก่อสร้างโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำอยู่แล้ว ต้องประเมินราคาที่ดินดังกล่าวและนำมาคำนวณรวมกับงบประมาณการลงทุนด้วย (แม้ในความจริงจะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายก็ตาม) เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์กับแนวทางเลือกอื่น ๆ และควรต้องเลือกแนวทางที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด

### 5.2.4 สภาพท้องถิ่น

การนำเข้าอุปกรณ์หรือเครื่องจักรจากต่างประเทศทำให้งบประมาณการลงทุนสูง อีกทั้งเมื่อเครื่องจักรชำรุดต้องอาศัยบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญโดยเฉพาะ ดังนั้นประเทศไทยจึงควรเลือกกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่มีความต้องการเครื่องจักรน้อย เช่น บ่อปรับเสถียร สระเติมอากาศ เป็นต้น ยกเว้นชุมชนที่มีพื้นที่จำกัดหรือที่ดินมีราคาแพง อาจจำเป็นต้องเลือกกระบวนการที่มีความต้องการเครื่องจักรมากขึ้น เช่น กระบวนการเอเอส เป็นต้น แต่ก็ควรเลือกกระบวนการที่ใช้เครื่องจักรน้อยที่สุด ได้แก่ กระบวนการเอเอสแบบเติมอากาศยัดเวลา ซึ่งไม่ต้องมีถังตกตะกอนชั้นต้น และการปรับเสถียรสลัดจ์

### 5.2.5 งบประมาณ

แม้ว่างบประมาณการลงทุนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการเลือกกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ แต่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงงบประมาณการดำเนินการในการเดินระบบด้วย มิฉะนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาดังเช่นในอดีต กล่าวคือ บางชุมชนเมื่อก่อสร้างโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเสร็จแล้ว (โดยเฉพาะกระบวนการเอเอสและสระเติมอากาศ) แต่ขาดงบประมาณในการเดินระบบและการซ่อมบำรุงเครื่องจักร จึงต้องหยุดเดินระบบบ่อยครั้งหรือเดินระบบเพียงบางส่วนเท่านั้น

ดังนั้นผู้ออกแบบต้องตระหนักอยู่เสมอว่างบประมาณการดำเนินการ เช่น ค่าจ้างแรงงานของพนักงาน ค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมี ค่าซ่อมแซมบำรุงอุปกรณ์เครื่องจักร ค่าบริหารจัดการ ฯลฯ มีความสำคัญมากสำหรับการดำเนินการในระยะยาว เพราะเมื่อสะสมไปหลายปีอาจมีมูลค่าสูงกว่าค่าก่อสร้างเสียอีก

โดยทั่วไประบบบ่อปรับเสถียรควรจะมีงบประมาณการดำเนินการต่ำสุด ส่วนสระเติมอากาศและเอเอสมีงบประมาณการดำเนินการสูงกว่าตามลำดับ และถ้าเป็นกระบวนการทางชีวภาพแบบแอนแอโรบิกจะมีค่าดำเนินการต่ำและยังผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้อีกด้วย แต่เป็นกระบวนการที่เหมาะสมกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง

### 5.3 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมกับชุมชนของประเทศไทย

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมกับชุมชนในประเทศไทย ได้แก่ บ่อปรับเสถียร สระเติมอากาศ และเอเอสแบบการเติมอากาศยัดเวลา ผู้ออกแบบจะเลือกใช้กระบวนการใดนั้นขึ้นอยู่กับข้อพิจารณาต่าง ๆ ดังที่กล่าวในหัวข้อที่ 5.2

ผู้ออกแบบอาจเลือกกระบวนการบำบัดอื่น ๆ เช่น บึงประดิษฐ์ (constructed wetland) ฯลฯ ซึ่งมีความต้องการเครื่องจักรน้อย จึงเหมาะกับสภาพท้องถิ่นของประเทศไทย แต่ผู้ออกแบบต้องมีข้อมูลอ้างอิงเพียงพอจนมีความมั่นใจว่ากระบวนการดังกล่าวมีประสิทธิภาพเพียงพอและมีความน่าเชื่อถือก่อนนำมาใช้งานจริง เนื่องจากปัจจุบันกระบวนการดังกล่าวยังขาดความสนับสนุนด้านการวิจัยและการวิเคราะห์ทางวิชาการที่มากพอ จึงทำให้ค่ากำหนดการออกแบบยังไม่มี ความชัดเจนมากนัก

เนื่องจากลักษณะน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยมีความเข้มข้นต่ำกว่าน้ำเสียชุมชนของต่างประเทศ จึงทำให้การจัดเรียงกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เสนอแนะในเกณฑ์แนะนำการออกแบบฯ เล่มนี้ มีความแตกต่างกับการจัดเรียงกระบวนการบำบัดน้ำเสียของต่างประเทศบ้าง นอกจากนี้ ผู้ออกแบบต้องคำนึงอยู่เสมอว่าค่ากำหนดการออกแบบที่เสนอแนะในเกณฑ์แนะนำการออกแบบฯ เล่มนี้เป็นเพียงข้อเสนอแนะใช้กับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยและมุ่งเน้นใช้กับชุมชนระดับเมืองเท่านั้น เช่น เทศบาล ตำบล เทศบาลเมือง เทศบาลนคร เป็นต้น ดังนั้นผู้ออกแบบต้องพึงระวังอย่างยิ่งที่จะดัดแปลงและนำเกณฑ์เล่มนี้ไปใช้กับน้ำเสียประเภทอื่น เช่น น้ำเสียอุตสาหกรรม น้ำเสียจากอาคารสูง น้ำเสียจากหมู่บ้าน ฯลฯ

### 5.3.1 ระบบบ่อปรับเสถียร

บ่อปรับเสถียรเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีความเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นของประเทศไทย เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ต้องการเครื่องจักรน้อย ไม่ต้องการการดูแลเอาใจมากนัก เดินระบบง่าย และมีงบประมาณการดำเนินการต่ำ แต่เป็นระบบที่มีความต้องการพื้นที่มาก ดังนั้นอาจมีข้อจำกัดในการใช้กับชุมชนที่มีราคาที่ดินแพงหรือชุมชนที่มีพื้นที่จำกัด

โดยทั่วไปบ่อปรับเสถียรแบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่ บ่อแอนแอโรบิก บ่อแฟคัลเททีฟ และบ่อบ่ม ซึ่งส่วนใหญ่มักใช้บ่อบำบัดร่วมกันมากกว่า 1 ประเภท และในบางกรณีอาจใช้บ่อบำบัดร่วมกันทั้ง 3 ประเภทก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะน้ำเสียและคุณภาพของน้ำทิ้งที่ต้องการ

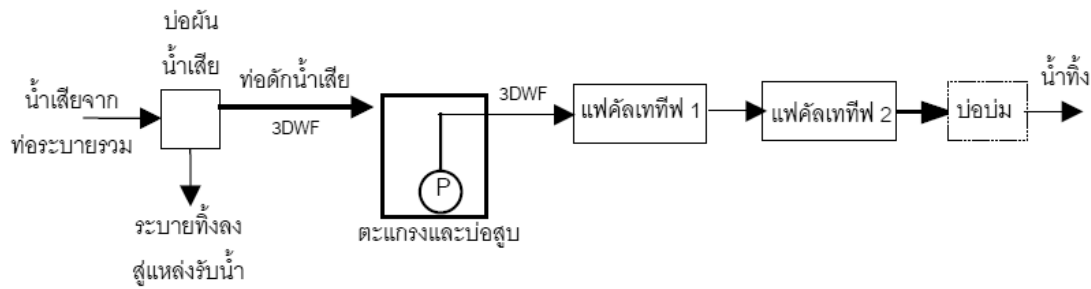
สำหรับกระบวนการบำบัด น้ำเสียชุมชนควรเลือกใช้บ่อแฟคัลเททีฟและบ่อบ่มมากกว่าบ่อแอนแอโรบิก เนื่องจากบ่อแอนแอโรบิกเหมาะกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงกว่าน้ำเสียชุมชน นอกจากนี้บ่อแฟคัลเททีฟและบ่อบ่มจะมีความเหมาะสมอย่างยิ่งเมื่อใช้ในพื้นที่เขตร้อน (เช่น ประเทศไทย เป็นต้น) ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงและมีแดดจัดตลอดปี ทำให้รับภาระการบำบัดได้สูงและยังทำให้อัตราการตายของจุลินทรีย์และ/หรือเชื้อโรค) สูงอีกด้วย

การจัดเรียงหน่วยกระบวนการและแผนภาพการไหลของระบบบ่อปรับเสถียรที่แนะนำให้ใช้กับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยแสดงดังรูปที่ 5.1 ซึ่งแนะนำให้ใช้บ่อแฟคัลเททีฟต่อกันแบบอนุกรมอย่างน้อย 2 บ่อ แต่ถ้าต้องการน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูงขึ้นอาจออกแบบให้มีบ่อบ่มเพิ่มอีก 1 บ่อก็ได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยและเชื้อโรค

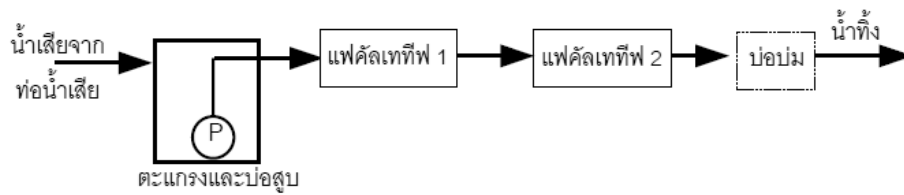
กรณีที่มีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวม ควรออกแบบให้บ่อปรับเสถียรรองรับ ปริมาณน้ำเสียปนน้ำฝนสูงสุดในขณะฝนตกเท่ากับ 3 เท่าของอัตราไหลรายวันเฉลี่ยในหน้าแล้ง (ดีดบีลยูเอฟ) ซึ่งเท่ากับอัตราไหลออกแบบของท่อชักน้ำเสีย (ดูจากหัวข้อที่ 3.4) ส่วนชุมชนหรือพื้นที่บริการที่ติดกับชายทะเลควรคำนึงถึงปริมาณกรวดทรายที่สะสมอยู่ในบ่อด้วย

### 5.3.2 ระบบสระเติมอากาศ

สระเติมอากาศเป็นกระบวนการที่มีการดำเนินการง่ายและมีความต้องการพื้นที่ปานกลาง แต่งบประมาณการดำเนินการสูงกว่าระบบบ่อปรับเสถียร โดยปกติสระเติมอากาศสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ แบบผสมอย่างสมบูรณ์ (complete - mix aerated lagoon) และแบบผสมบางส่วน (partial - mix aerated lagoon) สำหรับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยควรใช้สระเติมอากาศแบบผสมบางส่วน ซึ่งจะทำได้ทั้งงบประมาณการดำเนินการต่ำ (ต่ำกว่าแบบผสมอย่างสมบูรณ์) นอกจากนี้ น้ำเสียชุมชนของประเทศไทยมีความเข้มข้นต่ำ สระเติมอากาศแบบนี้จึงสามารถบำบัดน้ำทิ้งให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งของทางได้



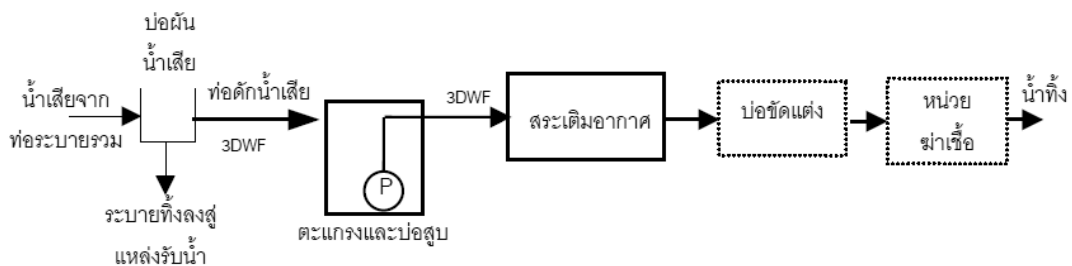
ก. กรณีที่ชุมชนมีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวม  
(อัตราไหลออกแบบของท่อคั่นน้ำเสียเท่ากับ 3 เท่าของอัตราไหลรายวันเฉลี่ยในหน้าแล้ง(DWF))



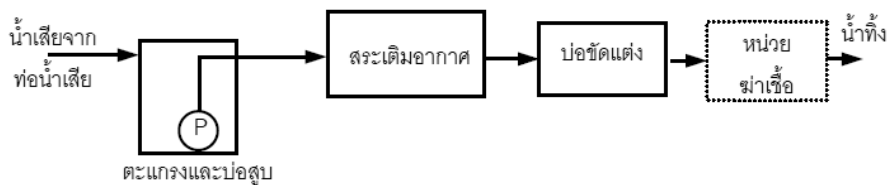
ข. กรณีที่ชุมชนมีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายแยก

### รูปที่ 5.1 แผนภาพการไหลของระบบบ่อปรับเสถียร

(หมายเหตุ – หน่วยกระบวนการที่เป็นเส้นประอาจจะมีหรือไม่ก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม)



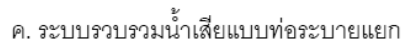
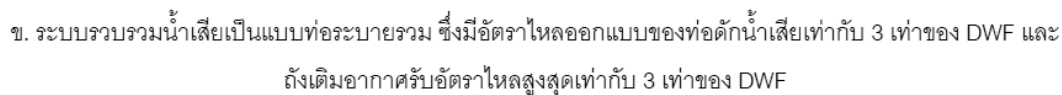
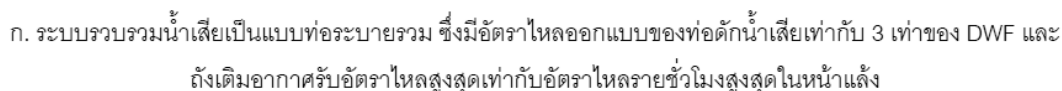
ก. กรณีที่ชุมชนมีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวม  
(อัตราไหลออกแบบของท่อคั่นน้ำเสียเท่ากับ 3 เท่าของ DWF)



ข. กรณีที่ชุมชนมีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายแยก

### รูปที่ 5.2 แผนภาพการไหลของระบบสระเติมอากาศ

(หมายเหตุ – หน่วยกระบวนการที่เป็นเส้นประอาจจะมีหรือไม่ก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม)



67

การจัดเรียงกระบวนการหน่วยและแผนภาพการไหลของระบบสระเติมอากาศที่แนะนำให้ใช้กับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยแสดงดังรูปที่ 5.2 ในกรณีที่ชุมชนมีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวม น้ำเสียจะมีความเข้มข้นต่ำ (เมื่อเปรียบเทียบกับระบบท่อระบายแยก) จึงทำให้จุลินทรีย์หรือของแข็งแขวนลอย (MLSS) ในสระเติมอากาศความเข้มข้นไม่สูงมากนัก และของแข็งแขวนลอยบางส่วนจะจมตัวลงสู่ก้นสระและถูกย่อยสลายต่อไป จึงอาจทำให้น้ำทิ้งจากสระเติมอากาศมีความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยต่ำกว่าค่ากำหนดตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ถ้าเป็นเช่นนั้นบ่อขัดแต่งหรือบ่อดกตะกอนก็ไม่จำเป็นต้องใช้ ส่วนในขณะฝนตกควรออกแบบให้สระเติมอากาศสามารถรองรับปริมาณน้ำเสียสูงสุดในขณะฝนตกเท่ากับ 3 เท่าของดีดบีลยูเอฟ (ซึ่งเท่ากับอัตราไหลออกแบบของท่อตกน้ำเสีย)

ส่วนชุมชนหรือพื้นที่บริการซึ่งติดกับชายทะเลควรคำนึงถึงปริมาณกรวดทรายที่สะสมอยู่ในสระเติมอากาศด้วย

### 5.3.3 ระบบเอเอส

ระบบเอเอสมีความต้องการเครื่องจักรมาก มีความซับซ้อนในการดำเนินการและมีงบประมาณการดำเนินการสูง (เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อปรับเสถียรและสระเติมอากาศ) แต่ต้องการพื้นที่น้อยกว่าจึงเหมาะกับชุมชนที่มีพื้นที่จำกัดและมีราคาที่ดินแพง

ระบบเอเอสแบบเติมอากาศยัดเวลามีความเหมาะสมกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยเนื่องจากน้ำเสียชุมชนมีความเข้มข้นต่ำ ทั้งนี้ถ้าใช้ระบบเอเอสแบบธรรมดา (conventional activated sludge, CAS) จะทำให้ถังเติมอากาศมีเวลากักน้ำต่ำ โดยทั่วไปผู้ออกแบบมักเพิ่มเวลากักน้ำให้นานขึ้นอยู่แล้ว (เพื่อปัจจัยความปลอดภัย) จึงมีแนวโน้มทำให้ระบบทำงานเป็นแบบเติมอากาศยัดเวลาอยู่ดี นอกจากนี้ระบบเอเอสแบบเติมอากาศยัดเวลามีอัตราส่วนของอาหารต่อสารอินทรีย์ต่ำและมีอายุสลัดจ์นาน ทำให้ระบบมีเสถียรภาพสูงและสามารถลดภาระในการบำบัดและกำจัดสลัดจ์ได้จึงไม่จำเป็นต้องมีการบำบัดขั้นต้นและการปรับเสถียรภาพของสลัดจ์อีกด้วย

อย่างไรก็ตามระบบเอเอสแบบเติมอากาศยัดเวลามีขนาดของถังเติมอากาศและปริมาณการเติมอากาศมากกว่าระบบเอเอสแบบธรรมดา (เมื่อมีอัตราไหลน้ำเสียเท่ากัน) ดังนั้นในกรณีที่ชุมชนมีอัตราไหลน้ำเสียสูงมาก ระบบเอเอสแบบธรรมดามิ่งบประมาณในการดำเนินการต่ำกว่าระบบเอเอสแบบเติมอากาศยัดเวลาอย่างมาก ซึ่งในระยะยาวอาจทำให้ระบบเอเอสแบบธรรมดามีความคุ้มค่า แม้ต้องมีการบำบัดขั้นต้นและการปรับเสถียรสลัดจ์ด้วยก็ตาม

การจัดเรียงหน่วยกระบวนการและแผนภาพการไหลของระบบเอเอสที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยแสดงดังรูปที่ 5.3 ในกรณีที่ชุมชนมีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวมสามารถแยกได้เป็น 2 กรณี กรณีแรก กำหนดอัตราไหลออกแบบของท่อตกน้ำเสียเท่ากับ 3 เท่าของดีดบีลยูเอฟในขณะฝนตก แต่ถังเติมอากาศรับน้ำเสียปนน้ำฝนสูงสุดเท่ากับอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด (ของน้ำเสียในหน้าแล้ง) และมีการระบายน้ำเสียปนน้ำฝนบางส่วนลงสู่ท่ออ้อม เพื่อหลีกเลี่ยงเข้าสู่ถังทำไสโดยตรง ส่วนกรณีที่ 2 กำหนดอัตราไหลออกแบบของท่อตกน้ำเสียเท่ากับ 3 เท่าของดีดบีลยูเอฟเช่นกัน (ในขณะฝนตก) และจะถูกป้อนเข้าสู่ถังเติมอากาศทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ผู้ออกแบบต้องคำนึงอยู่เสมอว่าจุดวิกฤติทางศาสตร์ของระบบเอเอส คือ ถังทำไส (clarifier) โดยที่ถังทำไสต้องออกแบบพื้นที่หน้าตัดให้พอเหมาะเพื่อป้องกันการล้างไล่ (washout) ของจุลินทรีย์ในกรณีนี้ด้วย

## 5.4 อัตราไหล่ออกแบบ

อัตราไหล่ออกแบบของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำขึ้นอยู่กับประเภทของกระบวนการบำบัดต่าง ๆ ดังตารางที่ 5.1

## 5.5 ลักษณะน้ำเสียชุมชน

ลักษณะน้ำเสียชุมชนโดยทั่วไปของประเทศไทยได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 2.12

ตารางที่ 5.1 อัตราไหล่ออกแบบสำหรับกระบวนการต่างๆของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

| หน่วยกระบวนการ                              | ค่าอัตราไหล |         |
|---|-------------|---------|
|   | ออกแบบ      | ตรวจสอบ |
| 1. รางน้ำหรือท่อน้ำระหว่างหน่วยกระบวนการ    | Qmax.h      | Qmax.h  |
| 2. หน่วยกระบวนการขั้นเตรียมการ              | Qmax.h      | Qmax.h  |
| 3. ถังผิวน้ำหรือถังแบ่งน้ำ                  | Qmax.h      | Qmax.h  |
| 4. หน่วยกระบวนการขั้นต้น                    | Qmax.d      | Qmax.h  |
| 5. ถังเติมอากาศ                             | Qmax.d      | -       |
| 6. ถังทำใส                                  | Qmax.d      | Qmax.h  |
| 6. บ่อปรับเสถียรและสระเติมอากาศ             | Qavg        | -       |
| 7. หน่วยกระบวนการฆ่าเชื้อ (ถังสัมผัสคลอรีน) | Qmax.h      | Qmax.h  |

### หมายเหตุ

- อัตราไหล่อายวสูงสุด (Qmax.h) ขึ้นอยู่กับประเภทของท่อรวบรวมน้ำเสียด้วย ถ้าเป็นระบบรวบรวมน้ำเสียแบบท่อระบายรวม จะหมายถึงอัตราไหลสูงสุดที่ยอมให้เข้าหน่วยกระบวนการต่าง ๆ ในขณะฝนตก

## 5.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

การกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของโรงปรับปรุงคุณภาพชุมชนของประเทศไทยได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 2.13

## 5.7 ขนาดของหน่วยกระบวนการบำบัด

นอกจากอัตราไหลและลักษณะน้ำเสียแล้ว ปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับกำหนดขนาดของหน่วยกระบวนการบำบัดต่าง ๆ ได้แก่ ค่ากำหนดการออกแบบกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งจะกล่าวต่อไปใน บทที่ 6 - 10



## 5.8 ปัจจัยอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการออกแบบ

### 5.8.1 ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน

กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีเครื่องจักรมากดังเช่นระบบเอเอสหรือสถานีสูบน้ำเสียสุดท้าย ควรต้องมีแหล่งพลังงานสำรองในกรณีไฟฟ้าดับ เช่น การต่อเชื่อมกับแหล่งพลังงานไฟฟ้าอย่างน้อย สองแหล่งที่แยกอิสระกัน การติดตั้งเครื่องปั่นไฟ เป็นต้น

### 5.8.2 ระบบประปา

ต้องจัดเตรียมน้ำประปาให้เพียงพอสำหรับทำความสะอาดหน่วยกระบวนการต่าง ๆ ห้องปฏิบัติการห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ เป็นต้น

### 5.8.3 อาคารสนับสนุน

นอกจากหน่วยกระบวนการบำบัดต่าง ๆ แล้ว โรงปรับปรุงคุณภาพต้องประกอบด้วยอาคารต่าง ๆ ที่ช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการ เช่น อาคารสำนักงาน อาคารหรือห้องควบคุมเครื่องจักร อาคารซ่อมบำรุง ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ อาคารรักษาความปลอดภัย (ป้อมยาม) เป็นต้น

## 5.9 การวางผังบริเวณ (layout)

เมื่อเลือกหน่วยกระบวนการบำบัดน้ำเสียและกำหนดขนาดของแต่ละกระบวนการแล้ว ต่อไปเป็น การวางผังบริเวณ ซึ่งต้องคำนึงถึงการขยายระบบในอนาคตด้วย

### 5.9.1 องค์ประกอบหลักของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

- หน่วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ พร้อมทั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
- อาคารสำนักงาน
- อาคารหรือห้องควบคุมเครื่องจักร
- อาคารเก็บของ หรือสารเคมี
- อาคารรักษาความปลอดภัย (ป้อมยาม)
- อาคารซ่อมบำรุง
- ถนนและที่จอดรถพร้อมป้ายจราจรและป้ายอาคาร
- บ้านพักพนักงาน

### 5.9.2 ข้อพิจารณาสำหรับการวางผังบริเวณ

- ควรวางกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำตามลำดับขั้นตอนการทำงานและตามความลาดของพื้นที่ เพื่อให้ น้ำเสียไหลได้ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกและลดงบประมาณในการดำเนินการ ซึ่งจะต้องมีการคำนวณและจัดทำโปรไฟล์ชลศาสตร์ (hydraulic profile) ในแต่ละกระบวนการ ด้วย

- ต้องเผื่อพื้นที่ใกล้เคียงกันสำหรับการขยายระบบในอนาคต เช่น ถ้าวางกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำตามลำดับการทำงานในแนวเหนือ - ใต้ และต้องเผื่อพื้นที่ไว้ขยายด้านข้างหรือแนวตะวันออก - ตะวันตก เป็นต้น
- ควรจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่อระหว่างกระบวนการเก่าและกระบวนการใหม่ที่จะขยายเพิ่มในอนาคต เพื่อความสะดวกและไม่ต้องหยุดเดินระบบ เช่น ประตูน้ำ เป็นต้น
- ต้องพิจารณาการวางฐานรากของโครงสร้างของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับลักษณะชั้นดินและระดับน้ำใต้ดินด้วย ซึ่งต้องคำนึงถึงความสามารถในการรับแรงของชั้นดินและการลอยตัวของโครงสร้างเนื่องจากน้ำใต้ดิน
- กระบวนการที่ทำให้เกิดปัญหาความรำคาญต่าง ๆ เช่น กลิ่น เสียง ละอองน้ำ เป็นต้น ต้องวางอยู่ในตำแหน่งที่มีระยะห่างกับชุมชนอย่างเหมาะสมหรือวางในตำแหน่งได้ทิศทางลมของชุมชน
- ควรต้องจัดวางระยะห่างระหว่างกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำและเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถดำเนินงานได้อย่างสะดวกและสามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย
- กระบวนการที่มีส่วนประกอบของเครื่องจักรที่มีน้ำหนักหรือจำเป็นต้องมีการขนย้าย เช่น สารเคมี สลัดจ์ ขยะ กรวดทราย เป็นต้น ต้องจัดให้มีถนนสามารถเข้าออกได้อย่างสะดวก
- ควรพิจารณาถึงลักษณะรูปแบบถังบำบัดด้วย กล่าวคือ การใช้ถังสี่เหลี่ยมสามารถใช้ผนังร่วมกันได้ ซึ่งจะทำให้ประหยัดพื้นที่ในการก่อสร้าง แต่ถึงกลมสามารถรับแรงได้ดีกว่าถังรูปสี่เหลี่ยม
- กระบวนการและอุปกรณ์เครื่องจักรหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ จำเป็นต้องออกแบบให้มีจำนวนมากกว่า 1 หน่วย เนื่องจากไม่ต้องหยุดเดินระบบทั้งหมดเมื่อมีการซ่อมบำรุง เช่น เครื่องสูบน้ำเสีย เครื่องเป่าอากาศ เป็นต้น แต่อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีราคาแพงและไม่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยตรง เช่น มาตรการไหล (แบบแม่เหล็กไฟฟ้า) เป็นต้น ไม่จำเป็นต้องเตรียมเครื่องสำรองไว้ เพียงแต่เตรียมท่อสับขนาดเท่าอุปกรณ์ดังกล่าวใส่แทนไว้ก่อนขณะที่นำไปซ่อม
- การออกแบบถังซ้อนกันหรือเป็นอาคารหลายชั้นเพื่อประหยัดพื้นที่สำหรับการก่อสร้าง จะต้องเปรียบเทียบงบประมาณการดำเนินการด้วย โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำขึ้นที่สูง
- อาคารสำนักงาน ควรต้องอยู่ใกล้กับทางเข้าหลักของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อให้ผู้มาติดต่อ สามารถหาได้ง่าย และไม่ไปพลุกพล่านในบริเวณเขตหวงห้ามหรือเขตอันตราย
- อาคารซ่อมบำรุงและอาคารเก็บของควรต้องอยู่ใกล้กับบริเวณที่มีเครื่องจักรจำนวนมาก และมีพื้นที่เพียงพอต่อการขนย้ายและซ่อมบำรุง นอกจากนี้ควรต้องจัดให้มีถนนสามารถเข้า - ออกได้อย่างสะดวก รวมทั้งเครื่องมือในการขนย้ายเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก เช่น รถยกไฟฟ้า เครน เป็นต้น

### 5.10 ดุลยภาพมวล (mass balance)

ในขณะที่ออกแบบโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ผู้ออกแบบควรต้องทำดุลยภาพมวลเป็นลำดับแรก ๆ ซึ่งเป็นการแสดงอัตราไหลและความเข้มข้นของสารมลพิษที่เข้าและออกจากกระบวนการบำบัดต่าง ๆ การทำดุลยภาพมวลจะบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียนั้น ๆ และสามารถประเมินปริมาณสลัดจ์หรือกากตะกอนที่จะนำไปบำบัดหรือกำจัดต่อไป

ปัจจัยที่มีความสำคัญในการทำดุลยภาพมวล ได้แก่ ลักษณะน้ำเสียเข้าระบบ อัตราไหลน้ำเสีย แผนภาพการไหลของกระบวนการ ไคเนติกส์การโตของจุลินทรีย์ในหน่วยกระบวนการชีวภาพ และการกำหนดประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษของแต่ละหน่วยกระบวนการบำบัด

## บทที่ 6

### การบำบัดขั้นเตรียมการ

การบำบัดขั้นเตรียมการเป็นการกำจัดหรือลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำในขั้นตอนต่อไปจากวัสดุที่มากับน้ำเสีย เช่น ขยะ กรวดทราย เป็นต้น รวมถึงการลดภาระทางชีวศาสตร์และอัตราการอินทรีย์ที่สูงเกินไปในช่วง

โดยทั่วไปกระบวนการบำบัดขั้นเตรียมการประกอบด้วย ตะแกรง (ดักขยะ) ถังดักกรวดทราย ถังปรับเสมอ และเครื่องบดตัดขยะ แต่เนื่องจากน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย (ชุมชนระดับเมือง) มีการแปรผันของอัตราไหลและสารอินทรีย์ไม่มากนัก จึงไม่จำเป็นต้องใช้ถังปรับเสมอ นอกจากนี้ เครื่องบดตัดขยะก็ไม่เหมาะสมกับกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำชุมชนของประเทศไทยเช่นกัน เนื่องจากการใช้เครื่องบดตัดขยะเป็นการเพิ่มอัตราการอินทรีย์ให้แก่ระบบ ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวเฉพาะค่ากำหนดการออกแบบของตะแกรงขยะและถังดักกรวดทรายเท่านั้น

#### 6.1 ตะแกรงราง (bar rack)

การดักขยะโดยใช้ตะแกรงมีจุดประสงค์เพื่อดักและกำจัดเศษวัสดุหรือของแข็งต่าง ๆ ที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เช่น เครื่องสูบลม ท่อ วาล์ว มาตรการไหล เป็นต้น

โดยทั่วไปตะแกรงสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ตะแกรงหยาบ (coarse screen) และตะแกรงละเอียด (fine screen) แต่สำหรับในการบำบัดขั้นเตรียมการจะหมายถึงตะแกรงหยาบเท่านั้น และมักเรียกว่า “ตะแกรงราง” ส่วนตะแกรงละเอียดอาจถือว่าการบำบัดขั้นต้น เนื่องจากตะแกรงมีความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของแข็งแขวนลอยได้บางส่วน ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวเฉพาะตะแกรงรางเท่านั้น

ตะแกรงรางซึ่งใช้ในการบำบัดขั้นเตรียมการสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ชนิด ได้แก่ ตะแกรงรางแบบทำความสะอาดด้วยแรงคน และตะแกรงรางแบบทำความสะอาดด้วยเครื่องกล แต่ในบางกรณีอาจมีการใช้ตะแกรงรางในระบบรวบรวมน้ำเสีย (แบบท่อระบายรวม) หรือระบบระบายน้ำฝนด้วย เพื่อป้องกันท่ออุดตัน ซึ่งมักเรียกว่า “ตะแกรงรางดักขยะลอย” (trash rack) และมักออกแบบให้มีช่องว่าง ระหว่างซี่ตะแกรงประมาณ 40 - 150 มิลลิเมตร ส่วนค่าออกแบบตะแกรงรางแบบทำความสะอาดด้วยแรงคนและแบบทำความสะอาดด้วยเครื่องกลจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

### 6.1.1 คำกำหนดการออกแบบ

คำกำหนดการออกแบบตะแกรงแบบทำความสะอาดด้วยแรงคนและแบบทำความสะอาดด้วยเครื่องกลแสดงในตารางที่ 6.1

### 6.1.2 ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- เมื่อตะแกรงมีเศษขยะอุดตันมากจะทำให้น้ำไหลผ่านได้น้อยลง หรือกรณีที่อัตราน้ำเข้าสูงกว่าปกติอาจเกิดน้ำท่วมนองได้ จึงควรมีฝายน้ำล้นฉุกเฉินที่สามารถระบายน้ำให้ไหลผ่านไปได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านตะแกรง
- ควรออกแบบให้มีตะแกรงอย่างน้อย 2 ชุด และมีประตูน้ำตรงทางน้ำเข้าแยกส่วนกัน เพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุง เมื่อตะแกรงชุดใดต้องหยุดเดินระบบเพื่อซ่อมบำรุง ตะแกรงชุดที่เหลือต้องสามารถรับอัตราไหลสูงสุดได้
- การเลือกช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงควรพิจารณาจากขนาดของของแข็งที่เครื่องสูบ (ที่อยู่หลังตะแกรง) ยอมให้ผ่านได้ โดยหลักปฏิบัติทั่วไปมักกำหนดให้ช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงมีขนาดประมาณ 1 ใน 3 ของขนาดของแข็งที่เครื่องสูบยอมให้ผ่านได้ อย่างไรก็ตาม ควรคำนึงถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ หลังเครื่องสูบด้วย
- ทางน้ำเข้าและทางน้ำออกของรางน้ำควรออกแบบให้น้ำไหลได้อย่างราบเรียบเพื่อลดการสูญเสียและป้องกันการสะสมของกรวดและเศษวัสดุภายในราง

ตารางที่ 6.1 คำกำหนดการออกแบบตะแกรง

| รายการ  | ทำความสะอาดด้วยแรงงาน | ทำความสะอาดด้วยเครื่องกล |
|---|-----------------------|--------------------------|
| ช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรง, มิลลิเมตร           | 25 – 75               | 10 – 75                  |
| ขนาดของซี่ตะแกรง                              |                       |                          |
| กว้าง, มิลลิเมตร                              | 4 – 15                | 5 – 15                   |
| ลึก, มิลลิเมตร                                | 25 – 50               | 25 – 75                  |
| เอียง (จากแนวดิ่ง), องศา                      | 30 – 45               | 0 – 30                   |
| การสูญเสียจากการอุดตันที่ยอมรับได้, มิลลิเมตร | 150                   | 150                      |
| ความเร็วน้ำในราง, เมตร/วินาที                 | $\geq 0.4$            | $\geq 0.4$               |
| ความเร็วน้ำเมื่อผ่านซี่ตะแกรง, เมตร/วินาที    | 0.3 – 0.9             | 0.6 – 1.2                |

- สำหรับตะแกรงรางแบบทำความสะอาดด้วยแรงคน ความยาวของรางจะต้องไม่เกินระยะที่เจ้าหน้าที่สามารถทำความสะอาดได้โดยสะดวก โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 3 เมตร และบริเวณชานพักซึ่งเป็นที่ยืนของเจ้าหน้าที่ในการทำมาสะอาด ซึ่งจะใช้กองเศษขยะด้วยควรมีสวนพักขยะซึ่งลึกลงไป 5 - 10 เซนติเมตร และเจาะรูระบายน้ำออก บริเวณนี้ควรมีพื้นที่กว้างพอในการทำงานโดยไม่ควรมีน้อยกว่า 2.50 เมตร และกรณีอยู่ในสถานีสูบน้ำควรมีแสงสว่างส่องหน้าตะแกรงอย่างเพียงพอ
- สำหรับตะแกรงรางแบบทำความสะอาดด้วยเครื่องกลจะช่วยลดค่าแรง รวมทั้งทำให้เกิดสภาวะการไหลและการดักขยะที่ดีกว่า โดยเฉพาะในกรณีที่มีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวม ซึ่งมีปริมาณขยะมากในขณะฝนตก ตะแกรงแบบทำความสะอาดด้วยเครื่องกลมีหลายชนิด เช่น เครื่องกลกวาดขยะแบบโซ่หรือสายพาน (chain or cable driven screens) เครื่องกลกวาดขยะชนิดขึ้น - ลง (reciprocating rake screens) ตะแกรงคาเทนารี (catenary screens) ตะแกรงล้างตัวเองแบบต่อเนื่อง (continuous self-cleaning screens) เป็นต้น ซึ่งแต่ละชนิดมักถูกออกแบบสำเร็จมาแล้ว ดังนั้นผู้ออกแบบควรศึกษาข้อมูลของตะแกรงรางแบบทำความสะอาดด้วยเครื่องกลแต่ละชนิด และของแต่ละผู้ผลิตที่มีจำหน่ายในตลาด ซึ่งผู้ออกแบบควรเลือกใช้แบบที่ตรงกับความต้องการและต้องออกแบบสถานที่ติดตั้งให้เหมาะสม ส่วนการควบคุมการทำงานมักเป็นแบบอัตโนมัติอาจใช้นาฬิกาตั้งเวลาให้ทำงานตามเวลาที่กำหนด ร่วมกับอุปกรณ์วัดความแตกต่างของความดันโดยการวัดระดับน้ำที่แตกต่างกันระหว่างหน้าและหลังตะแกรง แต่อย่างไรก็ตามต้องมีมาตรการสำหรับให้คนบังคับโดยตรงได้ด้วย นอกจากนี้ต้องออกแบบให้มีชุดควบคุมระบบเตือนภัยเมื่อระดับน้ำในรางสูงเกินไปหรือเครื่องทำความสะอาดไม่ทำงาน

## 6.2 เครื่องบดตัดขยะ

อุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่ตัด บด เศษวัสดุที่มากับน้ำเสีย เพื่อให้มีขนาดเล็กลง สามารถป้องกันเครื่องสูบน้ำเสียหายหรือป้องกันท่อหรืออุปกรณ์อุดตัน วิธีการนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำชุมชนของเมืองไทย เนื่องจากเป็นการเพิ่มอัตราการอินทรีย์ให้แก่การบำบัดขั้นสองและอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเมื่อน้ำเสียมักมีกรวดทรายมาก เพราะทำให้ฟันตัดบิ่นหรือที่อืด

## 6.3 ถังดักกรวดทราย

จุดประสงค์หรือหน้าที่ของถังดักกรวดทรายได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 5.1.1.2 โดยทั่วไปถังดักกรวดทรายมีหลายประเภท แต่ในคู่มือนี้จะขอกล่าวเพียงบางประเภทที่นิยมใช้และเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นของประเทศไทยเท่านั้น ได้แก่ ถังดักกรวดทรายแบบเติมอากาศ (aerated grit chamber) และถังดักกรวดทรายแบบน้ำไหลแนวนอนในรางสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular horizontal-flow grit chamber) ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันดังตารางที่ 6.2

**ตารางที่ 6.2** ข้อดีและข้อเสียของถังดักกรวดทรายแบบเติมอากาศและแบบน้ำไหลวนวนอน

| ข้อดี   | ข้อเสีย  |
|---|--|
| <b>แบบเติมอากาศ</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- การสูญเสียเฮดค่อนข้างน้อย</li> <li>- เมื่อควบคุมอัตราการเติมอากาศให้เหมาะสม กรวดทรายที่ถูกแยกออกมาจะสะอาด โดยสารอินทรีย์จะไม่ถูกแยกออกมาด้วย</li> <li>- มีความยืดหยุ่น สามารถรองรับอัตราไหลที่แปรผันในช่วงกว้างได้</li> <li>- การเติมอากาศช่วยลดสภาวะเซ็ปติก (septic) และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการบำบัดขั้นสอง</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องการพลังงานมาก (ในการเติมอากาศ)</li> <li>- ต้องการแรงงานและความชำนาญในการบำรุงรักษาและการควบคุมระบบเติมอากาศ</li> <li>- ค่าออกแบบซึ่งทำให้เกิดการหมุนเป็นเกลียว ยังไม่มีความชัดเจนมากนัก</li> </ul>  |
| <b>แบบน้ำไหลวนวนอนในรางสี่เหลี่ยมผืนผ้า</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ประสิทธิภาพการดักกรวดทรายขึ้นอยู่กับ การปรับปรุงการไหลของทางน้ำออก</li> <li>- ไม่มีส่วนโครงสร้างที่เป็นพิเศษ</li> <li>- ประหยัดพลังงานและมีงบประมาณการเดินระบบต่ำ</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ยากในการควบคุมความเร็วในการไหล (ให้เท่ากับ 0.3 เมตร/วินาที) เนื่องจากการแปรผันของอัตราไหล</li> <li>- มีอุปกรณ์จมน้ำมาก เช่น โซ่ แบร็ง เป็นต้น ซึ่งยากในการบำรุงรักษา</li> <li>- เมื่ออัตราไหลต่ำ จะทำให้สารอินทรีย์ถูกแยกออกมาด้วย</li> </ul> |

### 6.3.1 ข้อพิจารณาทั่วไปในการออกแบบถังดักกรวดทราย

- ถ้ามีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวม ต้องมีถังดักกรวดทรายหลายชุด เนื่องจาก ไม่ต้องหยุดระบบทั้งหมดเมื่อมีการซ่อมบำรุงบางชุด หากน้ำเสียมีกรวดทรายเพียงบางครั้ง อาจติดตั้งถังดักกรวดทรายเพียงชุดเดียวก็ได้ แต่ควรต้องออกแบบให้มีท่ออ้อม เพื่อให้ น้ำเสียไหลอ้อมไปยังหน่วยกระบวนการอื่นต่อไปโดยไม่ต้องผ่านถังดักกรวดทราย
- โดยทั่วไปถังดักกรวดทรายมีเป้าหมายในการกำจัดทรายหรือนุภาคที่ใหญ่กว่า 0.21 มิลลิเมตร (65 mesh) และมีความถ่วงจำเพาะ 2.65 ให้ได้ร้อยละ 95 หรือในระบบสมัยใหม่ อาจออกแบบให้สามารถกำจัดอนุภาคขนาด 0.15 มิลลิเมตร (100 mesh) ได้ถึงร้อยละ 75
- ปัจจัยสำคัญในการเลือกกระบวนการกำจัดกรวดทราย ได้แก่ การสูญเสียเฮด ขนาดพื้นที่ความยืดหยุ่นของระบบ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกแยกมาด้วย และงบประมาณในการลงทุนและดำเนินการเดินระบบ

### 6.3.2 ถังดักกรวดทรายแบบเติมอากาศ

ถังดักกรวดทรายแบบนี้มีการเติมอากาศที่ก้นและบริเวณด้านข้างของถัง เพื่อให้ทำให้เกิดการไหลแบบหมุนเป็นเกลียว (spiral roll) ตั้งฉากกับการไหลของน้ำ (น้ำไหลตามความยาวถัง) ทำให้ของแข็งแขวนลอยหนักหรือกรวดทรายตกลงสู่ก้นถังและรวมกันในรางหรือฮอปเปอร์ ในขณะที่ของแข็งอื่น ๆ หรือสารอินทรีย์ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่ายังแขวนลอยอยู่ ส่วนกรวดทรายที่ก้นถังจะถูกแยกออกด้วยอุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ (ดูในหัวข้อที่ 6.3.5)

คำกำหนดการออกแบบของถังดักกรวดทรายแบบเติมอากาศแสดงในตารางที่ 6.3 นอกจากนี้ ควรแยกใช้เครื่องเป่าลมกับถังดักกรวดทรายโดยเฉพาะ ซึ่งดีกว่าการใช้เครื่องเป่าลมร่วมกับกระบวนการอื่น เช่น ถังเติมอากาศ เป็นต้น ควรติดตั้งวาล์วและเครื่องวัดอัตราไหลเพื่อทำให้สามารถการควบคุมอัตราการเติมอากาศได้ตามต้องการ

### 6.3.3 ถังดักกรวดทรายแบบน้ำไหลแนวนอนในรางสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ถังชนิดนี้ใช้อุปกรณ์ เช่น เวียร์ พาร์แชลล์ฟลูม ฯลฯ เพื่อควบคุมอัตราเร็วของน้ำให้คงที่ โดยระดับน้ำจะปรับขึ้นลงเองตามอัตราไหลและทำให้อัตราเร็วของน้ำในรางคงที่ ซึ่งพบว่าเมื่อน้ำไหลด้วยความเร็วประมาณ 0.3 เมตร/วินาที จะทำให้กรวดทรายตกตะกอน แต่ในขณะเดียวกันสารอินทรีย์ซึ่งเบากว่ายังแขวนลอยอยู่ (ไม่ตกตะกอน) ส่วนใหญ่มักใช้โซ่และใบกวาด (chain and flight) รวบรวมกรวดทรายเข้าสู่ฮอปเปอร์ที่ก้นถัง และถูกแยกออกจากถังต่อไปด้วยอุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ

คำกำหนดการออกแบบถังชนิดนี้แสดงในตารางที่ 6.4 นอกจากนี้การกำหนดความยาวของถังตกตะกอน ต้องเผื่อส่วนรองรับความปั่นป่วนของทางน้ำเข้าและทางน้ำออกด้วย ส่วนการกำหนดความลึกของราง ต้องเผื่อส่วนกักเก็บกรวดทรายและหากใช้เครื่องกลกวาดตะกอนก็ต้องเผื่อส่วนลึกของอุปกรณ์ด้วย

### 6.3.4 ปริมาณและลักษณะของกรวดทราย

ปริมาณและลักษณะของกรวดจะแตกต่างกันได้มากโดยขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของท่อรวบรวม ลักษณะของพื้นที่รับน้ำฝน สภาพท่อน้ำเสีย และประสิทธิภาพของระบบกำจัดกรวดทราย ค่าทั่วไปสำหรับปริมาณกรวดที่มักใช้กันในต่างประเทศเท่ากับ 30 ลบ.ม./1 ล้าน ลบ.ม. แต่สำหรับประเทศไทยไม่พบว่ามีกรวดเก็บข้อมูลนี้ อย่างไรก็ตามคาดว่าปริมาณมากกว่าของประเทศที่พัฒนาแล้ว เพราะลักษณะการวางท่อและประสานต่อของประเทศไทยยังดีไม่เท่าของประเทศเหล่านั้น



**ตารางที่ 6.3** ค่ากำหนดการออกแบบถังดักกรวดทรายแบบเติมอากาศ

| รายการ                                | คำแนะนำ             |
|---------------------------------------|---------------------|
| เวลากักน้ำที่อัตราไหลสูงสุด, นาที     | 2 – 5 (3)           |
| ขนาด                                  |                     |
| - ความลึก, เมตร                       | 2 – 5               |
| - ความยาว, เมตร                       | 8 – 20              |
| - ความกว้าง, เมตร                     | 2.5 -7.0            |
| - ความยาว/ความลึก                     | 1:1 – 5:1 (1.5 – 1) |
| - ความยาว/ความกว้าง                   | 3:1 – 5:1 (4:1)     |
| การเติมอากาศ, ลบ.ม./นาที-เมตร ความยาว | 0.2 – 0.8           |

**ตารางที่ 6.4** ค่ากำหนดการออกแบบถังดักกรวดทรายแบบน้ำไหลแนวนอนในรางสี่เหลี่ยมผืนผ้า

| รายการ   | คำแนะนำ          |
|--|------------------|
| ขนาด   |                  |
| ความลึกน้ำ, เมตร   | 0.6 – 1.5 (1)    |
| ความยาว, เมตร  | 10 – 25 (15)     |
| เวลากักน้ำ (ที่อัตราไหลสูงสุด), นาที                               | 0.8 – 1.5 (1)    |
| ความเร็วน้ำในแนวนอน, เมตร/วินาที                                   | 0.15 – 0.4 (0.3) |
| ความเร็วจมตัวสำหรับการแยก, เมตร/นาที                               |                  |
| กรวดทรายที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.21 มิลลิเมตร                       | 1.0 – 1.3 (1.2)  |
| กรวดทรายที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.15 มิลลิเมตร                       | 0.6 – 0.9 (0.8)  |
| การสูญเสียเฮดในการควบคุมความเร็วน้ำในราง, ร้อยละของความลึกน้ำในราง | 30 – 40 (36)     |

### 6.3.5 การแยกกรวดทรายออกจากกันถังดักกรวดทราย

หากใช้คนโกยกรวดทรายออกจากระบบจะต้องมีถังดักกรวดทรายสำรองอีกหนึ่งชุดที่สามารถรองรับอัตราไหลสูงสุดได้ด้วย เพราะการโกยกรวดออกด้วยวิธีนี้ต้องถ่ายน้ำออกจากถังก่อน

อุปกรณ์หรือเครื่องจักรซึ่งใช้ในการแยกกรวดทรายออกจากกันถังกรวดทรายมีอยู่ 4 วิธี ได้แก่ เครื่องสูบบแบบสกรูวางเอียงหรือคอนเวเยอร์แบบหลอด (inclined screw or tubular conveyors) โซ่และเครื่องยกถังดักกรวดทราย (chain and bucket elevators) ถังเก็บกรวดทรายแคลมเชลล์ (clamshell buckets) และเครื่องสูบ

สกรูวางเอียงหรือคอนเวเยอร์แบบหลอด รวมทั้งโซ่และเครื่องยกถังเก็บกรวดทรายต้องสามารถใช้งานที่ภาระบรรทุกสูงสุดได้ โดยเฉพาะเมื่อระบบเป็นแบบท่อระบายรวม นอกจากนี้อุปกรณ์แบบนี้มีส่วนที่จมน้ำ ดังนั้นทำให้ยากในการซ่อมบำรุง (ซึ่งต้องเอาน้ำออกจากถังดักกรวดทรายก่อน) ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการดำเนินการในขณะมีการซ่อมบำรุง ควรต้องออกแบบให้มีถังดักกรวดทรายอย่างน้อย 2 ชุด

ข้อดีในการใช้เครื่องสูบน้ำแยกกรวดทรายที่กั้นถังดักกรวดทราย ได้แก่ ประหยัดพื้นที่ถังดักกรวดทรายแต่ละถังอาจใช้เครื่องสูบน้ำร่วมกันได้ และหากเครื่องสูบน้ำเสียหายสามารถนำเครื่องสูบน้ำมาทดแทนได้ง่าย ส่วนข้อเสียคือ ระบบประกอบด้วยท่อไฮดรอลิกและวาล์วจำนวนมาก ซึ่งต้องการการดูแลเป็นพิเศษ เนื่องจากการขัดสีของกรวด

ข้อควรระวังในการออกแบบระบบท่อของเครื่องสูบน้ำ ได้แก่ ควรต้องออกแบบให้มีจำนวนข้ออ้อยที่สุดเพื่อลดการอุดตันโดยแท่งไม้หรือเศษผ้า ควรติดตั้งช่องเปิดสำหรับทำความสะอาดที่ ข้ออ้อยและจุดเปลี่ยนทิศทางทุกจุด ควรออกแบบให้มีความเร็วการไหลในท่อ 1 - 2 เมตร/วินาที และ ควรต้องใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อส่งอย่างน้อย 100 มิลลิเมตร (4 นิ้ว)

#### 6.3.6 การกำจัดกรวดทราย

กรวดทรายที่ถูกแยกออกจากถังดักกรวดทรายแล้วอาจลำเลียงลงสู่รถบรรทุกโดยตรง หรือเก็บไว้ในถังพักก่อนเพื่อนำไปกำจัด ได้แก่ การฝังกลบ และถมที่ต่อไป ถังพักต้องมีการปกคลุมอย่างมิดชิดเพื่อป้องกันกลิ่นและแมลง เนื่องจากกรวดทราย(ที่ไม่ผ่านการล้าง)อาจมีปริมาณสารอินทรีย์ถึงร้อยละ 50

#### 6.4 มาตรการไหล

ในการควบคุมกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำจำเป็นต้องมีการวัดอัตราไหลของน้ำเสีย เช่น เพื่อใช้คำนวณหาอัตราการเติมสารเคมี อัตราไหลของสลัดจ์สูบกลับ (กรณีเป็นระบบเอเอส) อัตราการเติมอากาศในถังเติมอากาศ เป็นต้น การวัดอัตราไหลของน้ำเสียมักนิยมใช้ระบบที่อัตราไหลมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่วัดง่าย ๆ เช่น ความสูงของน้ำ หรือความแตกต่างของความดัน เป็นต้น ซึ่งระบบที่เหมาะสมและนิยมใช้กับน้ำเสียโดยทั่วไป ได้แก่ ฝายน้ำล้น พาร์แชลล์ฟลูม ฟลูมพาล์เมอร์ โบวล์ส มาตรการวัดน้ำแบบเวนจูรี มาตรการวัดน้ำแบบหัวฉีด มาตรการวัดน้ำแบบออริฟิซ มาตรการวัดน้ำแบบ แม่เหล็กไฟฟ้า มาตรการวัดน้ำแบบกังหัน และมาตรการวัดน้ำแบบอะคูสติก

การปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการทางชีวภาพเป็นการทำให้น้ำอยู่ในสภาพเสถียรหรือคงตัว กล่าวคือ เป็นการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียไปเป็นสารอนินทรีย์ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน แอมโมเนีย น้ำ เป็นต้น โดยอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าว ซึ่งในขณะเดียวกัน จุลินทรีย์ก็จะสร้างเซลล์ใหม่เพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้จุลินทรีย์ดังกล่าวจะถูกแยกออกจากน้ำได้ โดยง่าย จึงจะทำให้น้ำทั้งมีปริมาณของแข็งแขวนลอยต่ำและได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทั้งที่กำหนดไว้

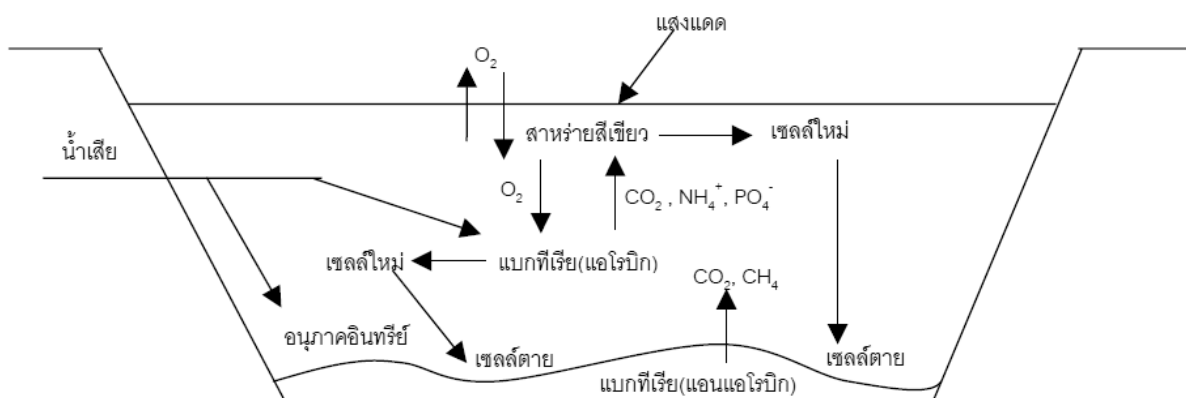
กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียชุมชนและสภาพท้องถิ่นของประเทศไทยได้กล่าวแล้วในบทที่ 5 ส่วนบทนี้จะกล่าวถึงค่ากำหนดและข้อพิจารณาในการออกแบบกระบวนการดังกล่าว

### 7.1 บ่อปรับเสถียร

การจัดเรียงหน่วยกระบวนการของบ่อปรับเสถียรที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 5.3.1 และรูปที่ 5.1

#### 7.1.1 หลักการทำงาน

บ่อแฟคัลเททีฟเป็นหน่วยกระบวนการที่เหมาะสมกับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย เนื่องจากมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงและมีแดดจัดตลอดปี การทำงานของบ่อแฟคัลเททีฟเป็นการกำจัดสารอินทรีย์ร่วมกัน ทั้งในสภาวะแอโรบิกและแอนแอโรบิกดังรูปที่ 7.1 ส่วนบนของบ่อซึ่งแสงแดดสามารถส่องถึงจะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งได้รับออกซิเจนส่วนใหญ่จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย (และได้รับออกซิเจนอีกบางส่วนจากอากาศที่ละลายลงผิวน้ำ) อย่างไรก็ตาม ปริมาณสาหร่ายและออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO) จะลดลงเรื่อย ๆ ตามความลึกของบ่อ เนื่องจาก แสงแดดส่องผ่านได้น้อยลงและจะมีสภาวะไร้ออกซิเจนที่ความลึกระดับหนึ่ง ในขณะเดียวกัน สารอินทรีย์ในรูปของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียก็จมตัวลงสู่ก้นบ่อ จึงทำให้บริเวณก้นบ่อมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยสภาวะแอนแอโรบิก



รูปที่ 7.1 การทำงานของแบคทีเรียและสาหร่ายในบ่อแฟคัลเททีฟ

คาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอนหลักให้แก่สาหร่ายด้วย หรือกล่าวได้ว่าแบคทีเรียและสาหร่ายดำรงชีพแบบพึ่งพากันและกัน ดังนั้นปริมาณสาหร่ายมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วย กล่าวคือ ถ้าน้ำเสียมีค่าบีโอดีต่ำจะทำให้ปริมาณสาหร่ายไม่สูงมากนัก แต่อย่างไรก็ตามปริมาณสาหร่ายยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ปริมาณแสงแดด ปริมาณธาตุอาหารในน้ำเสีย เป็นต้น

แม้ว่าสาหร่ายจะผลิตออกซิเจนในตอนกลางวัน แต่ในตอนกลางคืนสาหร่ายจะมีการใช้ออกซิเจน และคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ดังนั้นจึงทำให้ค่าออกซิเจนละลายและพีเอชในบ่อแฟคัลเททีฟมีการแปรผันตามปกติวิสัย กล่าวคือ ในช่วงเช้าถึงเย็นน้ำในบ่อจะมีค่าออกซิเจนละลายและค่าพีเอชสูง ส่วนในช่วงกลางคืนจะมีค่าออกซิเจนและค่าพีเอชต่ำลง

### 7.1.2 คำกำหนดการออกแบบ

คำกำหนดการออกแบบบ่อแฟคัลเททีฟ แสดงดังตารางที่ 7.1

### 7.1.3 ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- ปัจจัยสำคัญที่กำหนดพื้นที่บ่อ ได้แก่ อัตราภาระบีโอดีเชิงพื้นที่ (aerial BOD loading rate) ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำดังตารางที่ 7.1 ในทางปฏิบัติควรเลือกค่าอัตราภาระบีโอดีเชิงพื้นที่ (สำหรับออกแบบ) ที่อุณหภูมิต่ำสุดในรอบปีของท้องถิ่นนั้น ๆ และสามารถคำนวณหาพื้นที่บ่อได้ดังสมการที่ 7 - 1

ตารางที่ 7.1 คำกำหนดการออกแบบบ่อแฟคัลเททีฟ

| รายการ  | คำแนะนำ         |
|---|-----------------|
| 1. อัตราภาระบีโอดีเชิงพื้นที่, ก.บีโอดี/ตร.ม.-วัน |                 |
| - 15 องศาเซลเซียส                                 | 10 – 15         |
| - 20 องศาเซลเซียส                                 | 15 – 20         |
| - 25 องศาเซลเซียส                                 | 20 – 25         |
| 2. ความลึกน้ำ, เมตร                               | ไม่น้อยกว่า 1.5 |
| 3. ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี, ร้อยละ              | 65 - 75         |

$$L_a = QS_0/A \text{ หรือ } A = QS_0/L_a \quad (7 - 1)$$

โดยที่  $L_a$  = อัตราการะบีโอดีเชิงพื้นที่, ก.บีโอดี/ตร.ม. - วัน

$Q$  = อัตราไหลน้ำเสีย, ลบ.ม./วัน

$S_0$  = บีโอดีของน้ำเสีย, มก./ล.

$A$  = พื้นที่บ่อ(ที่ครึ่งหนึ่งของความลึกน้ำ), ตร.ม.

- ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของบ่อแฟคัลเททีฟ ได้แก่ การป้องกันการไหลลัดวงจร (short-circuiting) ซึ่งสามารถกระทำได้หลายวิธี ได้แก่ กำหนดความยาวบ่อไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความกว้างบ่อ กระจายทางน้ำเข้าและทางน้ำออกให้มีหลายตำแหน่งตามความกว้างบ่อ ออกแบบให้มีหลายบ่อต่อกันแบบอนุกรม และออกแบบให้ปลายท่อน้ำเข้าต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของความลึกน้ำ
- สำหรับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยซึ่งมีความเข้มข้นต่ำ การออกแบบให้มีบ่อแฟคัลเททีฟอย่างน้อย 2 บ่อต่อกันแบบอนุกรมก็เพียงพอที่จะผลิตน้ำทิ้งให้ได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง แต่ถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยและเชื้ออาจออกแบบให้มีบ่อบ่ม (maturation pond) เพิ่มอีก 1 บ่อก็ได้ สำหรับค่ากำหนดการออกแบบของบ่อบ่มจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 7.1.4
- ถ้าเป็นไปได้ควรออกแบบให้มีมากกว่า 1 ระบบวางขนานกัน เพื่อความสะดวกในการเดินระบบ โดยเฉพาะเมื่อมีการซ่อมบำรุง เช่น การขุดลอกตะกอน เป็นต้น แต่ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆด้วย ได้แก่ อัตราไหลของน้ำเสีย ขนาดและสภาพทางภูมิประเทศของพื้นที่ความคุ้มค่าในการลงทุน เป็นต้น
- ควรติดตั้งฝายน้ำล้นหรือมาตรวัดการไหลแบบอื่นๆเพื่อวัดอัตราน้ำเสียก่อนเข้าบ่อ และติดตั้งฝายน้ำล้นทางน้ำออกของบ่อสุดท้ายด้วย เพื่อวัดอัตราไหลและควบคุมระดับน้ำของบ่อปรับเสถียรต่างๆ
- ระยะขอบบ่อเหนือน้ำ (free board) เท่ากับ 0.5 - 1.0 เมตร ซึ่งแนะนำที่ 0.6 เมตร
- ควรปรับสภาพขอบบ่อ เช่น ดาดคอนกรีต เรียงหิน เป็นต้น เพื่อป้องกันการกัดเซาะขอบบ่อจากคลื่นน้ำและป้องกันวัชพืช
- ขอบบ่อที่มีการปรับสภาพอาจมีความลาดได้ถึง 1 : 1 (แนวดิ่ง : แนวราบ) แต่ถ้าไม่มีการปรับสภาพควรมีความลาดอย่างน้อย 1 : 3
- ถ้ากั้นบ่อเป็นดินทรายหรือน้ำรั่วซึมออกได้ง่าย ต้องมีมาตรการป้องกันการรั่วซึม
- ท่อน้ำออกของแต่ละบ่อต้องอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ เพื่อลดปริมาณสาหร่ายที่จะหลุดออกมากับน้ำทิ้ง
- ชุมชนที่อยู่ใกล้กับชายทะเลหรือมีกรวดทรายเข้าสู่ระบบมาก ต้องคำนึงถึงปริมาณกรวดทรายที่สะสมในบ่อด้วย
- ต้องออกแบบและก่อสร้างระบบระบายน้ำภายในโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เพียงพอเพื่อป้องกันน้ำท่วมขังและป้องกันการกัดเซาะขอบบ่อในกรณีฝนตก และต้องคำนึงถึงระบบระบายน้ำรอบโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อป้องกันการท่วมขังพื้นที่ใกล้เคียง

#### 7.1.4 บ่อบ่ม

บ่อบ่มมีหน้าที่ฆ่าเชื้อและลดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งจากบ่อแฟคัลเททีฟ ควรออกแบบบ่อบ่มให้มีความลึกประมาณ 1.0 - 1.5 เมตร และมีเวลากักน้ำเท่ากับ 1 - 2 วัน

### 7.2 สระเติมอากาศ

#### 7.2.1 หลักการของสระเติมอากาศ

สระเติมอากาศเป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยอาศัยจุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจนแบบแขวนลอยย่อยสลายสารอินทรีย์ สระเติมอากาศที่เสนอแนะให้ใช้กับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย เป็นแบบผสมบางส่วนดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 5 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับบ่อแฟคัลเททีฟ เพียงแต่ต้องการพื้นที่บ่อน้อยกว่าและต้องมีเครื่องเติมอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนลงในสระ ปริมาณอากาศที่เติมจะเท่ากับความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เท่านั้น การจัดเรียงหน่วยกระบวนการของระบบสระเติมอากาศที่เหมาะสมกับน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 5.3.2 และ ดังรูปที่ 5.2

#### 7.2.2 ค่ากำหนดการออกแบบ

ค่ากำหนดการออกแบบสระเติมอากาศและบ่อขั้ดแต่งแสดงดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 ค่ากำหนดการออกแบบสระเติมอากาศ (แบบผสมบางส่วน)

| รายการ                            | คำแนะนำ         |
|-----------------------------------|-----------------|
| สระเติมอากาศ                      |                 |
| เวลากักน้ำ, วัน                   | 1 – 2           |
| ความลึกน้ำ, เมตร                  | 2.0 – 4.0 (3.0) |
| ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี, ร้อยละ | 80              |
| ความต้องการออกซิเจน               |                 |
| - ก.ออกซิเจน/ก.บีโอดีที่ถูกกำจัด  | 0.7 – 1.0       |
| - กิโลวัตต์/1,000 ลบ.ม.           | 1.5 – 30        |
| บ่อขั้ดแต่ง                       |                 |
| เวลากักน้ำ, วัน                   | 1 – 2           |
| ความลึกน้ำ, เมตร                  | 1.5 – 2.0       |

( ) คือค่าที่แนะนำ

### 7.2.3 ข้อพิจารณาการออกแบบ

ข้อพิจารณาในการออกแบบสระเติมอากาศโดยส่วนใหญ่คล้ายกับบ่อแฟลตเทพิฟ แต่มีข้อพิจารณาเพิ่มเติมบางประการ คือ ควรมีวัสดุปูกันบ่อ เช่น ดาดคอนกรีต ปูพลาสติก เป็นต้น เพื่อป้องกันการกัดเซาะเนื่องจากแรงดันของน้ำ (เนื่องจากเครื่องเติมอากาศ) อย่างไรก็ตามการดาดคอนกรีตอาจคาดเฉพาะขอบบ่อและบริเวณใต้เครื่องเติมอากาศก็ได้ นอกจากนี้ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงความสะดวกในการนำเครื่องเติมอากาศขึ้นมาซ่อมแซมด้วย เช่น เตรียมพื้นที่บริเวณขอบบ่อไว้สำหรับซ่อมบำรุงเครื่องเติมอากาศ เป็นต้น ส่วนการเลือกขนาดของเครื่องเติมอากาศจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 7.3.2

## 7.3 เอสเอส

ปัจจุบันความรู้ในกระบวนการเอสเอสก้าวหน้าไปมาก มีการพัฒนาและมีการแบ่งกระบวนการออกได้หลายแบบ เช่น โดยรูปร่างของถัง อัตราการระเหย รูปแบบการป้อนน้ำเสีย รูปแบบการเติมอากาศ และอื่น ๆ แต่ในเกณฑ์การออกแบบฯ นี้จะกล่าวถึงเพียงประเภทที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียชุมชนของ ประเทศไทย ซึ่งได้แก่ ระบบเอสเอสแบบเติมอากาศยัดเวลา ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 5

การจัดเรียงหน่วยกระบวนการของระบบเอสเอสที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย ได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 5.3.3 และรูปที่ 5.3 นอกจากนี้ผู้ออกแบบให้มีรูปแบบการทำงานเป็นแบบเอสบีอาร์ (sequencing batch reactor; SBR) ก็ได้ โดยมีการทำงานเป็นลำดับขั้นเป็นวัฏจักร ดังรูปที่ 7.2 ซึ่งเป็นการรวมขั้นตอนการเติมอากาศและตกตะกอนไว้ในถังเดียวกัน จึงทำให้กระบวนการนี้ไม่ต้องมีถังทำใสและเครื่องสูบลดระดับน้ำเสีย แต่ในกรณีที่น้ำเสียไหลเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง อาจต้องใช้เอสบีอาร์หลายถังหรือมีถังปรับเสมอ

### 7.3.1 คำกำหนดการออกแบบ

สัมประสิทธิ์โคเนติกส์ในการออกแบบกระบวนการเอสเอสเพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชนและคำกำหนดการออกแบบกระบวนการเอสเอสแสดงดังตารางที่ 7.3 และ 7.4 ส่วนสมการที่มีความสำคัญในการออกแบบแสดงดังสมการที่ 7 - 2 ถึง 7 - 5 อย่างไรก็ตามการหาปริมาณของถังเติมอากาศควรคำนึงถึงปริมาณของแข็งคงตัวในน้ำเสียด้วย เนื่องจากมีผลทำให้ถังเติมอากาศมีปริมาตรเพิ่มขึ้นด้วย

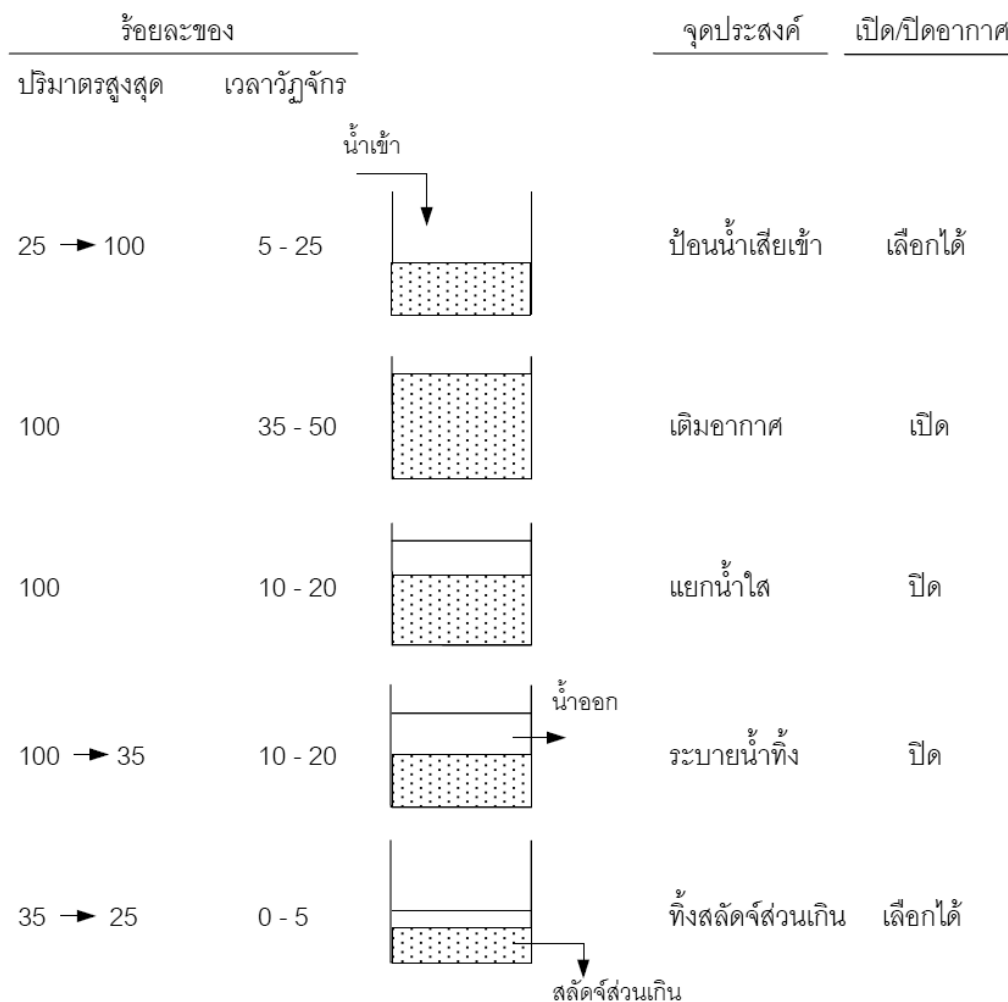
$$\text{HRT} = V/Q \quad (7 - 2)$$

$$V \text{ (ไม่รวมของแข็งคงตัว)} = (\theta_c \cdot Q/X_{MLVSS}) \cdot [(Y_g(S_0 - S)/(1+\theta_c k_d))] \quad (7 - 3)$$

$$V \text{ (รวมของแข็งคงตัวด้วย)} = (\theta_c \cdot Q/X_{MLSS}) \cdot [(Y_g(S_0 - S)/(1+\theta_c k_d)) + X_{FS}] \quad (7 - 4)$$

$$P_x = (Q/1,000) \cdot [Y_g(S_0 - S)/(1+\theta_c k_d) + X_{FS}] \quad (7 - 5)$$

|                      |   |
|----------------------|---|
| โดยที่ HRT           | = เวลาที่กักน้ำของถังเติมอากาศ, วัน   |
| V                    | = ปริมาตรของถังเติมอากาศ, ลบ.ม.   |
| Q                    | = อัตราไหลออกแบบของถังเติมอากาศ, ลบ.ม./วัน  |
| $Y_g$                | = สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิต, ก.วีเอสเอส (แบกที่เรีย) ที่เพิ่มขึ้น/ก.บีโอดี <sub>5</sub> ที่ใช้ |
| $S_0$                | = บีโอดีในน้ำเสียเข้า, มก./ล.   |
| S                    | = บีโอดีในน้ำทิ้ง, มก./ล.   |
| $X_{MLSS}$           | = เอ็มแอลเอสเอส, มก./ล.   |
| $X_{MLVSS}$          | = เอ็มแอลวีเอสเอส, มก./ล.   |
| $\theta_c$ หรือ MCRT | = อายุสลัดจ์, วัน   |
| $k_d$                | = สัมประสิทธิ์การสลายตัวจำเพาะ, วัน <sup>-1</sup>   |
| $P_x$                | = สลัดจ์ส่วนเกิน (excess sludge), กก./วัน   |
| $X_{FS}$             | = ของแข็งคงตัว (fixed solids) ในน้ำเสีย, มก./ล.   |



รูปที่ 7.2 ตัวอย่างการทำงานใน 1 วัฏจักรของระบบเอสบีอาร์



**ตารางที่ 7.3** สัมประสิทธิ์โคเนติกส์ที่ใช้ในการออกแบบระบบเอเอสเพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน

| รายการ  | คำแนะนำ     |      |
|---|-------------|------|
| สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิต ( $Y_g$ )                                  |             |      |
| ก. วีเอสเอส (แบคทีเรีย) ที่เพิ่มขึ้น/ก.บีโอดี <sub>5</sub> ที่ใช้ | 0.3 – 0.7   | 0.5  |
| สัมประสิทธิ์การสลายตัวจำเพาะ ( $K_d$ ), วัน <sup>-1</sup>         | 0.03 – 0.07 | 0.05 |

**ตารางที่ 7.4** ค่ากำหนดการออกแบบกระบวนการเอเอส

| กระบวนการ     | MCRT<br>(วัน) | F/M,<br>ก.บีโอดี/ก. MLVSS-วัน | MLSS<br>(มก./ล.) | Q/Q       | ความต้องการออกซิเจน<br>(ก.ออกซิเจน/ก.บีโอดีที่ถูกกำจัด) |
|---------------|---------------|-------------------------------|------------------|-----------|---|
| เติมอากาศยัด  | 20 – 30       | 0.05 – 0.15                   | 3,000 – 6,000    | 0.5 – 1.0 | 1.4 – 1.6   |
| เวลาเอสบีอาร์ | 20 - 30       | 0.05 – 0.30                   | 1,500 – 3,000    |           | 1.4 – 1.6   |

#### หมายเหตุ

- MCRT (mean cell residence time), F/M (food to microorganism ratio), MLVSS (mixed liquor volatile suspended solids), MLSS (mixed liquor suspended solids) ให้ดูจากศัพท์บัญญัติ
- $Q_r/Q$  = อัตราการสูบสลับจ้เวียนกลับต่ออัตราไหลน้ำเสียเข้าระบบ
- ถังเติมอากาศควรมีเวลากักพักชลศาสตร์ไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง

#### 7.3.2 ระบบเติมอากาศ

การเติมอากาศมีปัจจัยหลักที่ต้องพิจารณา 2 ประการ ได้แก่ การเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่ จุลินทรีย์ในระบบและการผสม ซึ่งถ้าปัจจัยใดต้องการปริมาณการเติมอากาศมากกว่ากัน จะเป็นตัวควบคุมในการออกแบบขนาดของเครื่องเติมอากาศนั้น

โดยทั่วไประบบเติมอากาศแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ เครื่องเติมอากาศแบบฟุ้ง (diffusion aerator) เครื่องเติมอากาศผิวน้ำ (surface aerator) และเครื่องเติมอากาศกังหันจมน้ำ (submerged turbine aerator)

เครื่องเติมอากาศแบบฟุ้งสามารถแบ่งย่อยได้หลายแบบ ถ้าแบ่งชนิดหัวฟุ้งตามลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์จะแบ่งได้ดังนี้ คือ หัวฟุ้งชนิดรูพรุน (porous diffuser) หัวฟุ้งชนิดไม่ใช่รูพรุน (nonporous diffuser) และชนิดอื่น ๆ เช่น เครื่องเติมอากาศแบบดูดฟั่น (jet aerator) นอกจากนี้อาจแบ่งชนิดตามความละเอียดของฟองอากาศได้เช่นกัน ได้แก่ ฟองอากาศหยาบ (coarse bubble) และฟองอากาศละเอียด (fine bubble)

ส่วนเครื่องเติมอากาศผิวน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ แบบหมุนช้าไหลตามรัศมี (radial flow, low speed) แบบหมุนเร็วไหลตามแกน (axial flow, high speed) แบบดูด (aspirating aerator) และแบบหมุนแนวนอน (horizontal rotor)

เครื่องเติมอากาศกังหันจมน้ำอาจแบ่งเป็นแบบน้ำไหลตามแกนและแบบน้ำไหลตามรัศมี เครื่องเติมอากาศชนิดนี้อาจมีประสิทธิภาพการเติมอากาศต่ำกว่าเครื่องเติมอากาศผิวน้ำแบบหมุนช้าไหลตามรัศมีเล็กน้อย แต่เครื่องเติมอากาศชนิดนี้มีข้อดีที่สามารถปรับปริมาณการเติมอากาศ โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการผลในแง่ของการผสมมากกว่าการเติมอากาศ

### 7.3.2.1 ข้อพิจารณาในการเลือกอุปกรณ์เติมอากาศ

- สถานที่ตั้ง ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล อุณหภูมิในฤดูร้อนและฤดูหนาว
- ปริมาตรถังเติมอากาศ ความลึก และรูปร่าง
- ความต้องการออกซิเจน ค่าต่ำสุด เฉลี่ย และสูงสุด
- ความต้องการการผสม
- อุณหภูมิน้ำในกระบวนการ ค่าต่ำสุด เฉลี่ย และสูงสุด
- ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายที่ใช้ในการเดินระบบ, มก./ล.
- เอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอส, มก./ล. ค่าต่ำสุด เฉลี่ย และสูงสุด
- ประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนมาตรฐาน (standard oxygen transfer efficiency, SOTE; standard aeration efficiency, SAE)

ตารางที่ 7.5 ประสิทธิภาพการเติมอากาศมาตรฐานของเครื่องเติมอากาศ

| ชนิด  | SAE, กก./กิโลวัตต์ - ชั่วโมง |
|---|------------------------------|
| หัวฟู่                                      |                              |
| หัวฟู่ชนิดรูปกรวย                           | 1.9 – 6.6                    |
| หัวฟู่ชนิดไม่ใช้รูปกรวย                     | 1.3 – 1.9                    |
| เครื่องเติมอากาศแบบตุตพ่น                   | 2.2 – 3.5                    |
| เครื่องเติมอากาศผิวน้ำ                      |                              |
| แบบหมุนช้าไหลตามรัศมี (20 – 100 รอบ/นาที)   | 1.5 – 2.1                    |
| แบบหมุนเร็วไหลตามแกน (900 – 1,800 รอบ/นาที) | 1.1 – 1.4                    |
| แบบหมุนแนวนอน                               | 1.5 – 2.1                    |
| แบบตุต                                      | 0.5 – 0.8                    |
| กังหันจมน้ำ                                 | 1.1 – 2.1                    |

standard aeration efficiency, SAE = ประสิทธิภาพการเติมอากาศมาตรฐาน ซึ่งเป็นการทดสอบเครื่องเติมอากาศกับน้ำสะอาดที่อุณหภูมิเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส และที่ระดับน้ำทะเล

### 7.3.2.2 อัตราการถ่ายเทออกซิเจน

อัตราการถ่ายเทออกซิเจนของเครื่องเติมอากาศอาจแสดงได้หลายรูปแบบ ได้แก่ ประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจน (oxygen transfer efficiency, OTE) ในหน่วยร้อยละอัตราการถ่ายเทออกซิเจน (oxygen transfer rate, OTR) ในหน่วยมวลต่อเวลา และประสิทธิภาพการเติมอากาศ (aeration efficiency, AE) ในหน่วยมวลต่อเวลาต่อหน่วยพลังงาน

ประสิทธิภาพการเติมอากาศมาตรฐานโดยทั่วไปของเครื่องเติมอากาศบางชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่ 7.5 อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบควรตรวจสอบค่าดังกล่าวกับผลการทดสอบที่เป็นทางการจากผู้ผลิตก่อน เนื่องจากนอกจากประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนจะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องเติมอากาศแล้ว ยังขึ้นอยู่กับแต่ละผู้ผลิตด้วย

ประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนในตารางที่ 7.5 (หรือค่าที่ได้จากผู้ผลิต) มักเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการเติมอากาศในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสและที่ระดับน้ำทะเล ดังนั้นในทางปฏิบัติผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีการปรับแก้ให้มีความเหมาะสมตามสภาวะจริงที่จะนำมาใช้งานในภาคสนามก่อน เช่น ประเภทของน้ำเสีย อุณหภูมิของน้ำเสีย และระดับความสูงของพื้นที่ในภาคสนามเหนือระดับน้ำทะเล เป็นต้น การคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างอัตราการถ่ายเทออกซิเจนในภาคสนามกับอัตราการถ่ายเทออกซิเจนจากการทดสอบในสภาวะมาตรฐาน แสดงดังสมการที่ 7 - 6

$$\frac{OTR_f}{OTR_s} = (\alpha)[1.024^{T-20}][(\beta C_{s(T,A)} - C_L)/C_{s(20)}] \quad (7 - 6)$$

- โดยที่  $OTR_f$  = อัตราการถ่ายเทออกซิเจนในภาคสนาม, กก.ออกซิเจน/ชั่วโมง  
 $OTR_s$  = อัตราการถ่ายเทออกซิเจนมาตรฐาน, กก.ออกซิเจน/ชั่วโมง  
 $\alpha$  = สัดส่วนอัตราการถ่ายเทออกซิเจนในน้ำเสียในภาคสนามกับน้ำสะอาด  
= 0.7 - 0.9 (สำหรับน้ำเสียชุมชน)  
 $T$  = อุณหภูมิของน้ำเสียในภาคสนาม, องศาเซลเซียส  
 $\beta$  = สัดส่วนออกซิเจนละลายในน้ำเสียในภาคสนามกับน้ำสะอาด  
= 0.9 (สำหรับน้ำเสียชุมชน)  
 $C_{s(T,A)}$  = ออกซิเจนละลายน้ำอิ่มตัวในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ T และที่ระดับพื้นที่ในภาคสนามเหนือระดับน้ำทะเล (A), มก./ล.  
=  $C_{s(T)} (P_A/760)$   
 $P_A$  = ความดันอากาศที่ระดับพื้นที่ในภาคสนามเหนือระดับน้ำทะเล, มม.ปรอท  
 $C_{s(T)}$  = ออกซิเจนละลายน้ำอิ่มตัวในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ T และที่ระดับน้ำทะเลเท่ากับ 760 มม.ปรอท, มก./ล.  
 $C_{s(20)}$  = ออกซิเจนละลายน้ำอิ่มตัวในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และที่ระดับน้ำทะเล(760 มม.ปรอท), มก./ล.  
= 9.08 มก./ล.

$C_L$  = ออกซิเจนละลายต่ำสุดที่จะควบคุมในภาคสนาม, มก./ล.  
 = 1 - 2 มก./ล. (สำหรับในถังเติมอากาศของระบบเอเอส)

### 7.3.2.3 ความต้องการในการผสม

ความต้องการพลังงานสำหรับการผสมในถังเติมอากาศแสดงดังตารางที่ 7.6

### 7.3.3 ถังทำใส

ถังทำใสหรือถังตกตะกอนชั้นสองทำหน้าที่แยกสลัดจ์และน้ำออกจากน้ำสลัดจ์ (รับน้ำสลัดจ์จากถังเติมอากาศ) เพื่อให้น้ำทิ้งมีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยต่ำตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วนสลัดจ์จะจมตัวลงสู่ก้นถังและมีความเข้มข้นมากขึ้นก่อนสูบกลับไปยังถังเติมอากาศ โดยส่วนใหญ่สามารถแบ่งประเภทของถังทำใสได้ตามรูปแบบของถัง ได้แก่ ถังทำใสแบบกลมและแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

#### 7.3.3.1 ค่ากำหนดการออกแบบถังทำใส

ข้อแนะนำทางกายภาพและค่ากำหนดการออกแบบของถังทำใส แสดงในตารางที่ 7.7 และ 7.8 ตามลำดับ โดยที่อัตราภาระของแข็งสามารถหาได้จากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เข้าถังทำใสหารด้วยพื้นที่ผิวของถัง ส่วนอัตราน้ำล้นสามารถหาได้จากอัตราไหลของน้ำเสียเข้าระบบ (หรือเท่ากับอัตราไหลออกของถังทำใส) หารด้วยพื้นที่ผิวของถัง

ตารางที่ 7.6 พลังงานในการผสม

| ชนิดเครื่องเติมอากาศ   | ช่วง               |
|--|--------------------|
| เครื่องเติมอากาศแบบหัวฟู<br>(ลบ.ม./นาที่ – 1,000 ลบ.ม.ของปริมาตรน้ำในถัง<br>ติดตั้งให้เกิดการไหลแบบหมุนวน<br>ติดตั้งแบบกระจายทั่วถึง | 20 – 30<br>10 – 15 |
| เครื่องเติมอากาศแบบบกล<br>(กิโวลต์/1,000 ลบ.ม. ของปริมาตรน้ำในถัง)   | 11 - 19            |

**ตารางที่ 7.7** ข้อเสนอแนะทางกายภาพ

| รายการ                                | ช่วง      | ค่าทั่วไป |
|---------------------------------------|-----------|-----------|
| ถึงแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า                |           |           |
| ความยาว, เมตร                         | < 90      | 20 – 60   |
| ความลึกน้ำ, เมตร                      | 4 – 5     |           |
| ความยาว/ความกว้าง                     | > 3       |           |
| ความกว้าง/ความลึก                     | 1 – 2.25  |           |
| ความชันพื้นด้านล่างของถังทำใส, ร้อยละ |           | 1         |
| ความเร็วของใบกวาดสลัดจ์, เมตร/นาที่   | 0.6 – 1.2 | 0.9       |
| ถึงแบบกลม                             |           |           |
| ความลึกน้ำที่ขอบถัง, เมตร             | 4 – 5     |           |
| เส้นผ่านศูนย์กลาง, เมตร               | 3 – 60    | 12 – 45   |
| ความชันพื้นถังทำใส, ร้อยละ            | 6 – 17    | 8         |
| ความเร็วของใบกวาดสลัดจ์, เมตร/นาที่   | 0.6 – 1.2 |           |

**ตารางที่ 7.8** ค่ากำหนดการออกแบบ

| รายการ                       | ที่อัตราไหลรายวันสูงสุด | ที่อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด<br>หรือ 3 DWF* |
|------------------------------|-------------------------|--|
| อัตราน้ำฝน, ลบ.ม/ตร.ม.- วัน  | 8 – 16                  | 24 – 32                                    |
| ค่าภาระของแข็ง, กก/ตร.ม.- ชม | 1 – 5                   | 7  |

\* แยกตามกรณีดังแสดงในรูปที่ 5.3

### 7.3.3.2 ข้อควรพิจารณาทั่วไปในการออกแบบ

- ควรออกแบบให้มีถังทำใสมากกว่า 1 ถัง เพื่อในกรณีบำรุงรักษา
- ระบบรวบรวมสลัดจ์ต้องมีความสามารถในการกวาดสลัดจ์เพียงพอหรือสอดคล้องกับอัตราสูบสลัดจ์เวียนกลับไปยังถังเดิมอากาศ และอุปกรณ์รวบรวมสลัดจ์ต้องแข็งแรงพอที่จะกวาดสลัดจ์ที่มีความหนาแน่นสูง โดยเฉพาะในกรณีเกิดการสะสมของสลัดจ์ในช่วงที่ไฟฟ้าดับ
- ถังทำใสของกระบวนเอเอสแบบเดิมอากาศยัดเวลาควรต้องติดตั้งระบบกำจัดฝ้าไชด้วย (เนื่องจากในกระบวนการดังกล่าวไม่มีถังตกตะกอนขั้นต้น)
- ความลึกระดับน้ำสำหรับถังทำใสแบบกลมวัดที่ผนังถังหรือขอบถัง และสำหรับถึงแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าวัดที่ผนังด้านทางน้ำออก
- ถังทำใสแบบกลมขนาดใหญ่ไม่ควรให้ความลึกที่ผนังเกิน 4.5 - 5 เมตร มิฉะนั้นบริเวณกลางถังจะมีความลึกมากเกินไปซึ่งส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

### 7.3.3.3 ทางน้ำเข้า

การออกแบบทางน้ำเข้ามีจุดประสงค์เพื่อให้ น้ำ (เข้า) และของแข็งแขวนลอยกระจายทั่วหน้าตัดของถังทำไส เพื่อเป็นการป้องกันการไหลลัดวงจร ป้องกันฟล็อกสลัดจ์แตก และป้องกันการฟุ้งกลับของสลัดจ์ที่ก้นถัง

การกระจายน้ำเข้าสำหรับถังทำไสแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าสามารถทำได้หลายแบบ เช่น ฝาย (weir) แผงกั้นเจาะรู (perforated baffles) เป็นต้น โดยออกแบบท่อน้ำเข้าให้มีความเร็วประมาณ 0.3 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนในท่อ และไม่ควรเกิน 0.6 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันฟล็อกแตก ส่วนรางน้ำเข้าควรออกแบบให้มีความเร็วไม่ต่ำกว่า 0.3 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันการตกตะกอน

ถังทำไสแบบกลมที่มีการป้อนน้ำเข้าตรงกลางถัง มีการกระจายน้ำเข้าโดยการใช้ บ่อป้อนน้ำ (feed well) โดยออกแบบท่อน้ำเข้าให้ไหลด้วยความเร็วประมาณ 0.3 เมตร/วินาที และไม่ควรเกิน 0.6 เมตร/วินาที ส่วนความเร็วช่องน้ำออก (outlet port) ของบ่อป้อนน้ำ (feed well) ควรต่ำกว่า 0.5 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันฟล็อกแตก

### 7.3.3.4 ฝายน้ำออก

โครงสร้างทางน้ำออกของถังทำไสควรมีระดับเท่ากันตลอดความยาว (ถังทำไสแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า) หรือเส้นรอบวง (ถังทำไสแบบกลม) เพื่อกระจายอัตราไหลของน้ำออกได้สม่ำเสมอ เป็นการป้องกันของแข็งแขวนลอยหลุดไปกับน้ำทิ้ง โดยส่วนใหญ่มักใช้ฝายน้ำล้น เนื่องจากสามารถปรับระดับได้ ฝายน้ำล้นที่ใช้มีทั้งแบบสันคม (sharp-crested) และแบบสามเหลี่ยม (v-notched) ซึ่งชนิดหลัง ให้การกระจายอัตราไหลได้ดีกว่า โดยเฉพาะในกรณีที่มีอัตราไหลต่ำ นอกจากนี้ควรติดตั้งแผ่นกันฝ้าไชด้านหน้าฝายน้ำล้นด้วย เพื่อป้องกันฝ้าไชและวัสดุที่ลอยน้ำหลุดไปกับน้ำออก

ถังทำไสแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ติดตั้งฝายน้ำล้นแบบหลายราง ซึ่งครอบคลุมระยะทาง ร้อยละ 25 - 30 ของความยาวถัง และมีระยะห่างระหว่างรางรับน้ำประมาณ 3 เมตร พบว่าให้ผลดีกว่าการใช้ฝายน้ำออกเพียงทางเดียว แต่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงความยากง่ายและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ด้วย สำหรับถังทำไสกลมแบบป้อนน้ำเข้าตรงกลางที่ติดตั้งฝายน้ำล้นห่างจากกลางถังเป็นระยะ 2/3 - 3/4 เท่าของรัศมี พบว่าเป็นตำแหน่งที่ให้ประสิทธิภาพการแยกน้ำไสดีกว่าการใช้ฝายแบบธรรมดา ซึ่งติดตั้งที่ขอบถัง แต่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงความยากง่ายและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างด้วย

ฝายน้ำล้นที่ทางน้ำออกของถังทำไสทั้งแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแบบกลมควรออกแบบให้อัตราการะฝายไม่เกิน 250 ลบ.ม./เมตร - วัน

### 7.3.3.5 การรวบรวมสลัดจ์

อุปกรณ์ในการรวบรวมสลัดจ์กันถึงทำให้จะขึ้นอยู่กับรูปร่างของถังทำใส

#### ก. ถังทำใสแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

อุปกรณ์รวบรวมสลัดจ์ที่ใช้สำหรับถังทำใสแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ได้แก่ โซ่และใบกวาด (chain and flight) หรือสะพานเลื่อน (traveling bridge) ซึ่งเป็นการกวาดสลัดจ์ตามความยาวถังจากปลายถึงเข้าสู่ฮอปเปอร์ซึ่งอยู่บริเวณต้นถัง ส่วนสลัดจ์ถูกแยกออกโดยการใช้เครื่องสูบต่อไป

ใบกวาดสลัดจ์ควรมีระยะห่างกับกันถังทำใสไม่เกิน 5 เซนติเมตร ส่วนฮอปเปอร์ควรมีรูปร่างเป็นพีรามิดฐานสี่เหลี่ยมกลับหัว และควรมีความชันของผนังมากกว่า 52 องศาจากแนวนราบเพื่อป้องกันการสะสมของสลัดจ์ นอกจากนี้ถ้าถังทำใสมีฮอปเปอร์ 2 อันหรือมากกว่า ฮอปเปอร์แต่ละอันควรมีท่อดูดสลัดจ์แยกอิสระกัน

#### ข. ถังทำใสแบบกลม

อุปกรณ์รวบรวมสลัดจ์ที่ใช้สำหรับถังทำใสแบบกลม ได้แก่ เครื่องกลแบบหมุนติดใบกวาด (rotating scraper) และเครื่องกลแบบหมุนติดท่อดูด (rotating suction) สำหรับแบบเครื่องกลหมุนติดใบกวาดจะมีใบกวาดติดกับแขนยึด โดยที่แขนยึดวางในแนวนและมีและถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ให้หมุนเป็นวงกลม ทำให้สลัดจ์สามารถกวาดรวบรวมสลัดจ์เข้าสู่ฮอปเปอร์ตรงบริเวณกลางถัง ส่วนสลัดจ์ในฮอปเปอร์ ถูกแยกออกโดยการใช้เครื่องสูบต่อไป สำหรับเครื่องกลแบบติดท่อดูดจะมีท่อดูดติดกับแขนกวาดและเมื่อแขนกวาดเคลื่อนที่หรือหมุนเป็นวงกลม ท่อดูดดังกล่าวก็สูบสลัดจ์จากกันถึงโดยตรง (ไม่ต้องมีใบกวาดและฮอปเปอร์) ดังนั้นถังทำใสซึ่งมีเครื่องกลหมุนติดแบบท่อดูดไม่ต้องมี ความลาดชันมากนัก

สำหรับใบกวาดสลัดจ์ควรใช้เป็นแบบเหลื่อม (staggered) และควรมีระยะห่างระหว่างใบกวาดสลัดจ์กับกันถังทำใสไม่เกิน 5 เซนติเมตร ส่วนผนังฮอปเปอร์ควรมีความชันมากกว่า 52 องศาจากแนวนราบ

## 8.1 การฆ่าเชื้อ

จุดประสงค์ของการฆ่าเชื้อ (disinfection) ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ คือ เพื่อทำลาย หรือ ยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคซึ่งมี 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) ไวรัส (virus) และ อะมีบา (amoeba) แต่ไม่ใช้การทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีในน้ำเสีย จึงแตกต่างจากการทำให้ปลอดเชื้อ (sterilization) ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมด การฆ่าเชื้อ (โรค) ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนหรือสารประกอบคลอรีน (chlorination) การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี (ultraviolet disinfection) และการฆ่าเชื้อด้วยโอโซน (ozone disinfection) แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนเท่านั้น เนื่องจากเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดสำหรับประเทศไทย

## 8.2 การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน

การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนเป็นวิธีที่ใช้แพร่หลายที่สุดในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ สารประกอบคลอรีนที่นิยมนำมาใช้มีหลายรูปแบบ ได้แก่ ก๊าซคลอรีนหรือคลอรีนเหลว แคลเซียมไฮโปคลอไรต์  $[Ca(OCl)_2]$  โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) และคลอรีนไดออกไซด์ ( $ClO_2$ ) แต่การใช้สารประกอบคลอรีนมีความปลอดภัยกว่าการใช้ก๊าซคลอรีน

### 8.2.1 ข้อพิจารณาในการออกแบบระบบที่ใช้ก๊าซคลอรีน

คลอรีนเป็นสารที่เป็นพิษและมีความกัดกร่อนสูง ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยจึงมีหลักปฏิบัติในการออกแบบ ดังนี้

- โดยปกติก๊าซคลอรีนหนักกว่าอากาศ จึงควรจัดระบบระบายอากาศที่ระดับพื้นให้เพียงพอ โดยมีความสามารถอย่างน้อย 60 เท่าของปริมาตรห้อง/ชั่วโมง และควรต้องเตรียมเครื่องฟ่นจับ (scrubber) ไว้เพื่อกำจัดก๊าซคลอรีนที่รั่วออกมา
- ระบบการเติมคลอรีนที่ใช้คลอรีนในรูปคลอรีนเหลว (dry chlorine liquid) และก๊าซคลอรีนสามารถใช้ท่อเหล็กกล้า (black steel) ได้ แต่ถ้าใช้คลอรีนในรูปของสารละลายควรใช้ท่อพีวีซี เนื่องจากสารละลายคลอรีนมีความสามารถในการกัดกร่อนสูงมาก
- ห้องเก็บคลอรีนและอุปกรณ์ต่างๆ ควรต้องมีผนังกันแยกจากส่วนอื่นๆ ของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ และหากอยู่ในอาคารเดียวกันกับส่วนอื่นต้องมีทางเข้าจากภายนอกเท่านั้น นอกจากนี้ต้องมีสวิตช์เปิด/ปิดระบบระบายอากาศอยู่ใกล้ประตูทางเข้าและต้องมีหน้ากากป้องกันอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันและสามารถหยิบใช้ได้ง่าย
- ควรมีการสำรองปริมาณคลอรีนไว้ให้เพียงพอ ซึ่งสามารถคำนวณจากปริมาณการใช้งานและความสามารถในการขนส่งคลอรีนมายังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน



- ต้องมีการป้องกันถังคลอรีนไม่ให้โดนแสงแดดโดยตรง ส่วนบริเวณสำหรับเก็บคลอรีน ต้องมีการป้องกันอันตรายจากไฟไหม้ และมีอุปกรณ์ตรวจสอบการรั่วของคลอรีนพร้อมกับสัญญาณเตือนภัย
- ถ้าเป็นไปได้ควรมีระบบตรวจวัดปริมาณคลอรีนคงเหลือ (residual chlorine) ในน้ำทิ้ง ซึ่งเป็นการป้องกันการเติมคลอรีนมากหรือน้อยเกินไป
- การขนส่งคลอรีนเป็นระยะทางไกลอาจเกิดอันตรายเนื่องจากคลอรีนเป็นก๊าซพิษที่มีอันตรายร้ายแรง แม้ในความเข้มข้นต่ำ หากเป็นไปได้ควรผลิตในที่ใช้งานหรือใกล้ที่ใช้

### 8.2.2 การผสมเริ่มต้น

จุดประสงค์การผสมเริ่มต้นคือเพื่อให้สารละลายคลอรีนผสมกับน้ำที่ต้องการจะฆ่าเชื้อเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) อย่างรวดเร็ว ก่อนป้อนเข้าสู่ถังสัมผัสคลอรีนต่อไป

โดยปกติวิธีการผสมจะเป็นการฉีดสารละลายคลอรีนผ่านหัวฟุ้ง (injection diffuser) ลงในน้ำที่ต้องการฆ่าเชื้อ ซึ่งอาจทำจากท่อเจาะรู ดังนั้นประสิทธิภาพการผสมจะขึ้นอยู่กับความปั่นป่วนของน้ำ (ที่ต้องการฆ่าเชื้อ) ในตำแหน่งที่มีการฉีดสารละลายคลอรีนผ่านหัวฟุ้ง วิธีที่ทำให้น้ำ (ที่ต้องการฆ่าเชื้อ) เกิดความปั่นป่วนมีหลายวิธี เช่น น้ำกระโดด (hydraulic jump) ฟลูมเวนทูลี (ventury flume) เครื่องผสมสถิต (static mixer) ถังผสมโดยใช้เครื่องกวน (mixing tank) การไหลในท่อน้ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามควรออกแบบให้มีเวลาผสมไม่เกิน 1 วินาที และมีเกรเดียนต์ความเร็ว (velocity gradient, G) ในช่วง 1,500 - 3,000 วินาที<sup>-1</sup>

### 8.2.3 ถังสัมผัสคลอรีน

ถังสัมผัสคลอรีนอาจออกแบบเป็นท่อหรือรางคดเคี้ยวเพื่อให้มีความยาวมากพอที่จะลดการไหลลัดวงจรและมีสภาวะใกล้เคียงการไหลตามกัน (plug flow) ค่ากำหนดการออกแบบถังสัมผัสคลอรีนแสดงดังตารางที่ 8.1

**ตารางที่ 8.1** ค่ากำหนดการออกแบบถังสัมผัสคลอรีน

| รายการ                                  | คำแนะนำ                 |
|---|-------------------------|
| ความยาว/ความกว้างของราง                 | $> 40 : 1$ ( $72 : 1$ ) |
| ความสูง/ความกว้างของพื้นที่หน้าตัดเปียก | $< 2 : 1$               |
| เวลาสัมผัส, นาที                        |                         |
| อัตราไหลเฉลี่ย                          | 30                      |
| อัตราไหลสูงสุด                          | 10                      |
| ความเข้มข้นคลอรีนที่ต้องการ, มก./ล.     | 2 – 15                  |
| คลอรีนคงเหลือทั้งหมด, มก./ล.            |                         |
| ขั้นต่ำ                                 | 0.3                     |
| ขั้นสูง                                 | 2.0                     |

### 8.3 การฆ่าเชื้อด้วยวิธีอื่น

การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนแม้ได้รับความนิยมอยู่แล้วในประเทศไทย แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือความเป็นพิษของคลอรีนโดยตรงและจากสารพลอยได้ (by-product) กล่าวคือ ถ้าคลอรีนไปรวมตัวกับสารอื่นอาจกลายเป็นสารก่อมะเร็งได้ อย่างไรก็ตามการฆ่าเชื้อด้วยวิธีอื่น เช่น การใช้โอโซน การใช้รังสียูวี เป็นต้น กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นในต่างประเทศและมีราคาต่ำลง ในอนาคตการออกแบบระบบฆ่าเชื้อจึงควรพิจารณาการใช้งานในแต่ละกรณีด้วย

ข้อเสียหลักของรังสียูวี คือ ถ้าน้ำมีความขุ่น จะทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อต่ำ ดังนั้น ถ้านำมาใช้กับน้ำทิ้งจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ อาจจะทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อไม่ดีนัก ส่วนข้อเสียหลักของโอโซน คือ อาจทำให้เกิดสีในน้ำทิ้งและต้องติดตั้งเครื่องผลิตโอโซนในที่ (on-site) นอกจากนี้ การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีและโอโซนจะมีงบประมาณการลงทุนสูงมาก และไม่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อคงเหลือหลังการบำบัด แต่อาจจะไม่จำเป็นมากนักเมื่อระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

สลัดจ์ หมายถึง ของแข็งที่แยกออกจากน้ำเสียหรือของแข็งส่วนเกินที่ได้จากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการทางเคมีหรือกระบวนการทางชีวภาพ ดังนั้นลักษณะทางกายภาพและทางเคมี รวมถึงปริมาณของสลัดจ์จะขึ้นอยู่กับกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยตรง

### 9.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์

ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกและออกแบบกระบวนการบำบัดสลัดจ์ โดยทั่วไปสามารถแบ่งสลัดจ์ตามลักษณะทางกายภาพและเคมีได้ 2 ประเภท ได้แก่ สลัดจ์ดิบ (raw sludge) และสลัดจ์ย่อยแล้ว (digested sludge) ลักษณะทางกายภาพและเคมีของ สลัดจ์แต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 9.1

สลัดจ์ดิบ หมายถึง สลัดจ์ส่วนเกินที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียซึ่งยังไม่ผ่านการย่อย โดยปกติหมายถึง สลัดจ์ขั้นต้น (primary sludge) และสลัดจ์ขั้นสอง (secondary sludge) แต่ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะสลัดจ์ขั้นสองเท่านั้น เนื่องจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยไม่นิยมใช้ถังตกตะกอนขั้นต้น

สลัดจ์ย่อยแล้ว หมายถึง สลัดจ์ส่วนเกินที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียและผ่านกระบวนการปรับเสถียรสลัดจ์แล้ว เช่น ถังย่อยแบบแอโรบิก ถังย่อยแบบแอนแอโรบิก เป็นต้น นอกจากนี้สลัดจ์ขั้นสอง ที่ได้จากกระบวนการเอเอสแบบเดิมอาจอาศัยเวลา ก็ถือว่าเป็นสลัดจ์ย่อยแล้วเช่นกัน

ตารางที่ 9.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์

| ลักษณะของสลัดจ์         | สลัดจ์ขั้นสอง | สลัดจ์ย่อยแล้ว  |
|-------------------------|---------------|-----------------|
| ความถ่วงจำเพาะสลัดจ์    | 1.00 – 1.005  | 1.03 – 1.04     |
| ความถ่วงจำเพาะของแข็ง   | 1.2 – 1.5     | 1.3 – 1.6       |
| ของแข็งแห้งทั้งหมด ; %  | 0.4 – 1.2     | 5 – 12          |
| ของแข็งระเหยง่าย ; % TS | 60 – 85       | 30 – 60 (40)    |
| เซลลูโลส ; % TS         | 5 – 10        | 8 – 15 (10)     |
| ไขมัน (น้ำมัน) ; % TS   | 5 – 12        | 5 – 20 (18)     |
| โปรตีน ; % TS           | 32 – 41       | 15 – 20 (18)    |
| ไนโตรเจน ; % TS         | 2.4 – 7.0     | 1.6 – 6.0 (3.0) |
| ฟอสฟอรัส ; % TS         | 1.5 – 7.0     | 1.4 – 4.0 (2.5) |

( ) คือค่าที่แนะนำ

## 9.2 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์

ปริมาณสลัดจ์เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดขนาดของหน่วยกระบวนการบำบัดสลัดจ์ วิธีที่ดีที่สุดในการหาปริมาณสลัดจ์ ได้แก่ การทำดุลยภาพมวล (mass balance) ของของแข็งแขวนลอย ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำดุลยภาพมวลของของแข็งแขวนลอย ได้แก่ ลักษณะน้ำเสีย อัตราไหล ไคเนติกส์ การโตของจุลินทรีย์ในหน่วยกระบวนการชีวภาพ และประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในแต่ละหน่วยกระบวนการ

## 9.3 กระบวนการบำบัดและกำจัดสลัดจ์

กระบวนการบำบัดสลัดจ์โดยทั่วไป สามารถแบ่งตามวัตถุประสงค์การบำบัดในแต่ละกระบวนการดังนี้

### 9.3.1 การทำชั้นสลัดจ์ (sludge thickening)

การทำชั้นสลัดจ์เป็นขั้นตอนแรกของการบำบัดสลัดจ์ เพื่อเพิ่มความเข้มข้นสลัดจ์และจะทำให้ปริมาตรรวมลดลงจนเหมาะสมสำหรับการบำบัดในขั้นตอนต่อไป เช่น ถังย่อยสลัดจ์ (sludge digestion tank) เครื่องแยกน้ำจากสลัดจ์ (sludge dewatering) เป็นต้น การทำชั้นสลัดจ์มีหลายวิธี ได้แก่ การทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วง (gravity thickener) การลอยตัวด้วยอากาศละลายหรือดีเอเอฟ (dissolved air flotation, DAF) และการหมุนเหวี่ยง (centrifugation)

### 9.3.2 การปรับเสถียรสลัดจ์ (sludge stabilization)

การปรับเสถียรสลัดจ์เป็นขั้นตอนที่ทำให้สลัดจ์มีความคงตัว ซึ่งเป็นการลดเชื้อโรคและการป้องกันการเน่าเหม็นของสลัดจ์เมื่อนำสลัดจ์ไปกำจัดหรือใช้ประโยชน์ต่อไป ถ้าสลัดจ์ส่วนเกินมีความคงตัวแล้วก็สามารถข้ามขั้นตอนนี้ได้ เช่น สลัดจ์ส่วนเกินจากระบบเอเอสแบบการเติมอากาศยัดเวลา เป็นต้น การปรับเสถียรสลัดจ์มีหลายวิธี เช่น การย่อยแอโรบิก (aerobic sludge digestion) การย่อยแอนแอโรบิก (anaerobic sludge digestion) การหมักทำปุ๋ย (composting) เป็นต้น

### 9.3.3 การแยกน้ำจากสลัดจ์ (sludge dewatering)

การแยกน้ำจากสลัดจ์เป็นการเพิ่มความเข้มข้นและลดปริมาตรของสลัดจ์ ก่อนนำไปกำจัดขั้นสุดท้าย ซึ่งทำให้สะดวกในการขนย้ายและประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เช่น การขนส่งลดขนาดของพื้นที่สำหรับฝังกลบ เป็นต้น การแยกน้ำจากสลัดจ์มีหลายวิธี ได้แก่ ลานตากสลัดจ์ (sludge drying bed) สายพานรีดน้ำ (belt press) เครื่องอัดกรอง (filter press) และเครื่องหมุนเหวี่ยง

### 9.3.4 การกำจัดสลัดจ์

การกำจัดสลัดจ์ คือ การนำสลัดจ์ที่ผ่านการบำบัดในขั้นตอนต่าง ๆ ข้างต้นแล้วไปใช้ประโยชน์ เช่น ปรับสภาพดินสำหรับการเกษตร เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีกำจัดในหลายประเทศ เช่น เยอรมัน ออสเตรเลีย อิตาลี เป็นต้น หรือนำไปฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

## 9.4 ข้อพิจารณาในการเลือกกระบวนการบำบัดสลัดจ์

### 9.4.1 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

กระบวนการบำบัดปรับเสถียรและสระเติมอากาศไม่จำเป็นต้องมีกระบวนการบำบัดสลัดจ์แยกอีกต่างหาก เนื่องจากมีอายุสลัดจ์ในระบบยาวนาน สลัดจ์จึงมีความคงตัวสูงอยู่แล้ว และบ่อมีพื้นที่มากซึ่งต้องใช้เวลาในการเดินระบบนานจึงจะทำให้บ่อตื่นขึ้น โดยส่วนใหญ่มักใช้เวลานานหลายปี เช่น 5 หรือ 10 ปี เป็นต้น ส่วนกระบวนการเอเอสจะมีปริมาณสลัดจ์ส่วนเกินมาก จำเป็นต้องมีหน่วยกระบวนการบำบัดสลัดจ์ให้เหมาะสมก่อนนำไปกำจัดต่อไป ซึ่งต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องเป็นรายวันหรือรายสัปดาห์หรือมีแผนปฏิบัติการที่แน่นอน

### 9.4.2 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสลัดจ์

ถ้าสลัดจ์ส่วนเกินจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียเป็นสลัดจ์ดิบ ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างของแข็งระเหยง่าย (volatile solids) ต่อของแข็งแขวนลอยทั้งหมดสูง จะทำให้เกิดการเน่าเหม็นง่าย ดังนั้นควรมีการปรับเสถียรสลัดจ์ก่อน เพื่อให้มีความคงตัวก่อนนำไปกำจัดต่อไป แต่ถ้าเป็นสลัดจ์ย่อยแล้ว เช่น สลัดจ์ส่วนเกินจากระบบเอเอสแบบเติมอากาศยัดเวลา เป็นต้น ขั้นตอนการปรับเสถียรสลัดจ์ก็ไม่ใช่ความจำเป็น

### 9.4.3 ความต้องการพื้นที่

กระบวนการบำบัดสลัดจ์ที่มีความซับซ้อนมักต้องการพื้นที่น้อย แต่ต้องการพลังงานมาก และต้องการบุคลากรในการควบคุมระบบที่มีความเชี่ยวชาญ เช่น ดีเอเอฟ เครื่องหมุนเหวี่ยง เป็นต้น แต่ถ้าเป็นกระบวนการที่ง่ายจะไม่ต้องเครื่องจักรกลมากนัก แต่ต้องการพื้นที่มาก เช่น ถังทำชั้นแรงโน้มถ่วง ลานตากสลัดจ์ เป็นต้น

### 9.4.4 สภาพท้องถิ่น

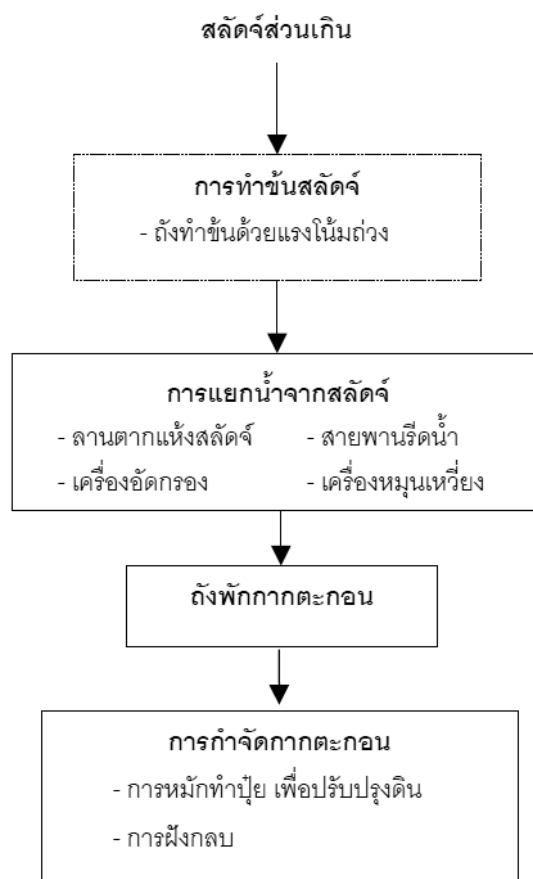
ประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นสังคมเกษตรกรรม ไม่สามารถผลิตเครื่องจักรกลได้เองและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ รวมทั้งขาดแคลนบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกล ดังนั้นควรเลือกกระบวนการที่ค่อนข้างง่าย ไม่ต้องการเครื่องจักรกลมากนัก ยกเว้นเฉพาะชุมชนที่มีพื้นที่จำกัดหรือราคาที่ดินแพงมาก

## 9.5 กระบวนการบำบัดสลัดจ์ที่เหมาะสมกับประเทศไทย

กระบวนการเอเอสที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียชุมชนของประเทศไทยควรเป็นแบบเติมอากาศ ยึดเวลาดังที่กล่าวแล้วในบทที่ 5 ซึ่งมีสลัดจ์ส่วนเกินค่อนข้างคงตัวอยู่แล้ว ดังนั้นกระบวนการปรับเสถียรสลัดจ์ จึงไม่มีความจำเป็น กระบวนการบำบัดและกำจัดสลัดจ์ที่เหมาะสมกับกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำชุมชนของประเทศไทยแสดงดังรูปที่ 9.1

## 9.6 การป้องกันกลิ่น

การป้องกันกลิ่นที่ดีที่สุด คือ การหลีกเลี่ยงการใช้กระบวนการแอนแอโรบิก แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้ระบบแอนแอโรบิก ผู้ออกแบบต้องมีมาตรการป้องกันกลิ่นด้วย โดยทั่วไปควรออกแบบให้กระบวนการบำบัดสลัดจ์อยู่ในอาคารหรือห้องปิดพร้อมติดตั้งระบบระบายอากาศ ซึ่งจะทำให้ง่ายในการควบคุมกลิ่นที่อาจเกิดขึ้น แต่ถ้าอากาศที่ถ่ายเทออกไปมีผลกระทบต่อชุมชน ต้องออกแบบให้มีระบบกำจัดกลิ่น เช่น ระบบกำจัดกลิ่นแบบเปียก ระบบกำจัดกลิ่นแบบชีวภาพ เป็นต้น



**รูปที่ 9.1** การบำบัดสลัดจ์ที่เหมาะสมกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย  
(หมายเหตุ – เส้นประ หมายถึง กระบวนการดังกล่าวอาจมีหรือไม่มีก็ได้; ซึ่งโดยปกติการทำชันสลัดจ์อาจไม่จำเป็นถ้าสลัดจ์ส่วนเกินมีความเข้มข้นมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 1)

## 9.7 การทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วง

ถ้าสลัดจ์ส่วนเกินมีความเข้มข้นมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 1 กระบวนการทำชั้นสลัดจ์อาจไม่จำเป็น (สามารถข้ามขั้นตอนการทำชั้นไปได้) กระบวนการทำชั้นสลัดจ์ที่เหมาะสมกับกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำชุมชนและสภาพท้องถิ่นของประเทศไทย ได้แก่ ถึงทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วง

### 9.7.1 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของถังทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วงคล้ายกับถังทำใส แต่มีข้อแตกต่างบางประการ ดังนี้ นอกจากถังทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วงจะมีเครื่องกวาดสลัดจ์แล้ว ยังมีการกวน (เบา ๆ) ชั้นสลัดจ์ อีกด้วย ซึ่งเป็นการไล่น้ำและก๊าซที่สะสมอยู่ระหว่างชั้นของสลัดจ์ (น้ำและอากาศจะลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ) จึงทำให้สลัดจ์จมตัวได้ดี การกวนสลัดจ์กระทำโดยติดตั้งเสากับแขนกวาดในแนวตั้ง ซึ่งเรียกว่า “พิกเก็ต” (picket) นอกจากนี้ถังทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วงจะมีความลาดชันมากกว่าถังทำใสอีกด้วย

### 9.7.2 คำกำหนดการออกแบบ

คำกำหนดการออกแบบถังทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วงแสดงดังตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 คำกำหนดการออกแบบถังทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วง

| รายการ  | ค่าที่แนะนำ |
|---|-------------|
| อัตราภาระของแข็ง, กก./ตร.ม.-วัน                   | 10 – 35     |
| อัตราภาระชลศาสตร์หรืออัตราน้ำล้น, ลบ.ม./ตร.ม.-วัน | 2 – 6       |
| เวลากักพักสลัดจ์, ชั่วโมง                         | ไม่เกิน 12  |
| ความลึกของระดับน้ำที่ขอบถัง, เมตร                 | 3 – 4       |
| ความชันของก้นถัง, %                               | 17 – 25*    |
| เส้นผ่าศูนย์กลาง, เมตร                            | ไม่เกิน 15  |
| ความเข้มข้นของสลัดจ์หลังผ่านถังทำชั้น, %          | 2 – 4       |

\* ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตเครื่องกวาดสลัดจ์

### 9.7.3 ข้อพิจารณาในการออกแบบ

การทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นของประเทศไทย เนื่องจากใช้เครื่องจักรน้อย ไม่ซับซ้อนและง่ายแก่การควบคุมระบบ แต่เนื่องจากประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงตลอดปี ดังนั้นควรออกแบบถังทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วงให้มีเวลากักพักสลัดจ์น้อยกว่า 12 ชั่วโมง เพื่อป้องกันสลัดจ์เน่าเหม็น นอกจากนี้ควรนำน้ำใสส่วนบนของถังทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วงที่ไหลผ่านฝายทางออกกลับไปบำบัดใหม่(ไปยังถังเติมอากาศ) และโดยทั่วไปมักออกแบบให้ความเร็วปลายสุดของใบกวาดสลัดจ์ เท่ากับ 4.6 - 6 เมตร/นาที

## 9.8 การแยกน้ำจากสลัดจ์

การแยกน้ำจากสลัดจ์มีจุดประสงค์เพื่อให้ขนย้ายง่าย ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และลดพื้นที่ในการกำจัด (โดยเฉพาะการฝังกลบ) วิธีการแยกน้ำจากสลัดจ์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่ ลานตากสลัดจ์ สายพานรีดน้ำ เครื่องอัดกรอง และเครื่องหมุนเหวี่ยง

### 9.8.1 การปรับสภาพสลัดจ์ (sludge conditioning)

การปรับสภาพสลัดจ์ก่อนป้อนเข้าเครื่องแยกน้ำจากสลัดจ์ จุดประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การแยกน้ำจากสลัดจ์ด้วยวิธีเครื่องกล ได้แก่ สายพานรีดน้ำ เครื่องอัดกรอง และเครื่องหมุนเหวี่ยง การปรับสภาพสลัดจ์ด้วยกระบวนการทางเคมีเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และมีค่าลงทุนต่ำ สารปรับสภาพสลัดจ์ที่เหมาะสม ได้แก่ โพลีเมอร์ชนิดประจุบวก ปริมาณของโพลีเมอร์ที่เหมาะสมสามารถหาได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ แต่โดยทั่วไปมักใช้เท่ากับ 4 กรัม/กก.ของแข็งทั้งหมด

### 9.8.2 ลานตากสลัดจ์

ลานตากสลัดจ์เป็นวิธีที่ง่าย ต้องการเครื่องจักรน้อย ไม่ซับซ้อน ประหยัดพลังงาน และมีค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินระบบต่ำ เหมาะกับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำที่มีขนาดเล็ก แต่สลัดจ์ที่นำมาแยกน้ำต้องมีความคงตัว ถ้าสลัดจ์ที่นำมาแยกไม่คงตัวอาจจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น นอกจากนี้ประสิทธิภาพการแยกน้ำขึ้นอยู่กับภูมิอากาศและมีข้อจำกัดในกรณีที่เป็นฤดูฝน ดังนั้นควรออกแบบลานตากสลัดจ์แบบมีหลังคา

#### 9.8.2.1 หลักการทำงาน

การแยกน้ำจากสลัดจ์ด้วยลานตากสลัดจ์ อาศัยกลไก 2 แบบ กล่าวคือ ขั้นตอนแรกเกิดจากกลไกการกรองด้วยชั้นทราย น้ำที่ผ่านชั้นกรองจะถูกรวบรวมด้วยระบบท่อที่ฝังอยู่ใต้ลานตาก ส่วนขั้นตอนที่สอง น้ำในสลัดจ์ชั้นที่ติดค้างอยู่บนผิวทรายจะระเหยเข้าสู่บรรยากาศ และเมื่อสลัดจ์มีความเข้มข้นของของแข็งตามที่ต้องการแล้ว จึงขูดลอกกากตะกอนนำไปกำจัดต่อไป

ตารางที่ 9.3 ค่ากำหนดการออกแบบลานตากสลัดจ์แบบมีหลังคา

| รายการ  | คำแนะนำ    |
|---|------------|
| ลักษณะของทรายกรอง                                   |            |
| - สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (uniformity coefficient) | น้อยกว่า 4 |
| - ขนาดประสิทธิภาพ (effective size), มิลลิเมตร       | 0.3 – 0.75 |
| ความหนาของชั้นทรายของลานตาก, เซนติเมตร              | 20 – 30    |
| ระยะเวลาในการตากสลัดจ์, วัน                         | 5 – 15     |
| ความหนาของชั้นสลัดจ์บนลานตาก, เซนติเมตร             | 20 – 30    |
| ความเข้มข้นของกากตะกอน, %                           | 20 – 40    |



### 9.8.2.2 คำกำหนดการออกแบบ

คำกำหนดการออกแบบของลานตากสลัดจ์แสดงดังตารางที่ 9.3

### 9.8.2.3 ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- ความสูงของโครงสร้างด้านข้างของลานตากสลัดจ์ควรมีความสูงเหนือชั้นทรายประมาณ 0.3 - 0.5 เมตร
- ท่อระบายน้ำใต้ลานตากควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร มีระยะห่างของท่อ ประมาณ 2.5 - 6.0 เมตร และควรมีความลาดประมาณ 1%
- ควรใช้กรวดปกคลุมท่อระบายน้ำใต้ลานก่อนปกคลุมด้วยทราย ด้วยความหนา 200 - 460 มิลลิเมตร ซึ่งกรวดมีขนาดตั้งแต่ 3 - 25 มิลลิเมตร
- ควรแบ่งลานตากสลัดจ์เป็นหลาย ๆ ส่วน เพื่อความสะดวกในการจัดการและการขุดลอกกากตะกอน
- ผิวทรายที่รับสลัดจ์จากท่อป้อนสลัดจ์ ควรวางแผนคอนกรีตปิดทับหน้าทราย เพื่อป้องกันการกัดเซาะชั้นทราย
- น้ำที่ผ่านชั้นทรายและถูกรวบรวมด้วยท่อระบายน้ำใต้ลานตาก ควรนำไปบำบัดใหม่

## 9.8.3 สายพานรีดน้ำ

### 9.8.3.1 หลักการทำงาน

สายพานรีดน้ำเป็นการแยกน้ำจากสลัดจ์แบบใช้เครื่องกล ประกอบด้วยสายพาน 2 เส้น (เส้นบนและล่าง) โดยมีลูกกลิ้ง (baring) เป็นฐานรองรับและถูกขับเคลื่อนให้หมุนวนในทิศตรงข้ามกัน (ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา) ซึ่งมีบางช่วงที่สายพานทั้งสองประกบกัน เมื่อสลัดจ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วถูกป้อนเข้าที่ช่วงแรกของสายพาน น้ำบางส่วนจะถูกแยกออกมาโดยการซึมผ่านสายพาน ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก และเมื่อสายพานลำเลียงสลัดจ์ขึ้นผ่านเข้าช่วงที่สายพานทั้งสองประกบกัน ด้วยลูกกลิ้งบีบอัด น้ำจากสลัดจ์จะถูกบีบและซึมผ่านสายพาน ทำให้ได้กากตะกอน (ที่ติดค้างอยู่บนสายพาน) ที่มีความเข้มข้นสูง เมื่อสายพานกลับถอยห่างออกจากกันอีกครั้ง ทำให้กากตะกอนหลุดออก และถูกระบายทิ้งต่อไป หลังจากระบายกากตะกอนทิ้งแล้ว สายพานจะวนกลับไปรับสลัดจ์รอบใหม่ แต่ต้องมีหัวฉีดน้ำแรงดันสูงเพื่อล้างสายพานทั้งสองเส้นก่อนเพื่อป้องกันการอุดตันของสายพาน

### 9.8.3.2 คำกำหนดการออกแบบ

เนื่องจากเครื่องสายพานรีดน้ำมักผลิตเป็นชุดสำเร็จรูป รวมทั้งเทคโนโลยีของสายพานรีดน้ำแต่ละผู้ผลิตไม่เหมือนกัน ดังนั้นการเลือกใช้กระบวนการดังกล่าวจึงควรศึกษาข้อมูลการออกแบบและรายละเอียดจากแต่ละผู้ผลิต ซึ่งผู้ออกแบบต้องเตรียมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณสลัดจ์ ความเข้มข้นสลัดจ์เข้า ความเข้มข้นสลัดจ์ที่ต้องการ เป็นต้น

### 9.8.3.3 ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- สำหรับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ ควรออกแบบให้มีเครื่องสายพานอัดอย่างน้อยมากกว่า 1 เครื่อง เพื่อสำรองเมื่อมีการซ่อมบำรุงหรือเกิดการชำรุด
- เครื่องสูบเพื่อป้อนสารโพลีเมอร์สำหรับปรับสภาพสลัดจ์ ควรออกแบบให้สามารถปรับอัตราไหลได้
- เครื่องสูบสลัดจ์เข้าควรเป็นแบบที่สามารถปรับรอบได้ และควรมีความเร็วการไหลของสลัดจ์ในท่อไม่ต่ำกว่า 1 เมตร/วินาที นอกจากนี้ควรออกแบบท่อให้มีการหักเลี้ยวของท่อให้น้อยที่สุด

## 9.8.4 เครื่องอัดกรอง

### 9.8.4.1 หลักการทำงาน

เครื่องอัดกรองเป็นระบบที่มีราคาแพงและต้องการแรงอัดสูง ซึ่งทำงานแบบกะ (แบบแบตช์) และต้องใช้แรงงานคนในการนำกากตะกอนออกจากผ้ากรองอีกด้วย องค์ประกอบหลัก ๆ ของเครื่องอัดกรองประกอบด้วย แผ่นยืดผ้ากรองหลายอันเรียงกันบนแกนของเครื่อง ผ้ากรอง และเครื่องดัน ผ้ากรอง ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากป้อนสลัดจ์ที่ปรับสภาพแล้วเข้าเครื่องอัดกรอง สลัดจ์จะเข้าไปใน ช่องว่างระหว่างผ้ากรองจนเต็มภายใต้ความดัน ขณะเดียวกันน้ำจะซึมผ่านผ้ากรอง ทำให้มีช่องว่างมากขึ้น และป้อนสลัดจ์ภายใต้แรงดันดังกล่าวไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่มีน้ำซึมผ่านผ้ากรองอีก จึงถอดแผ่นหรือเลื่อนแผ่นยืดผ้ากรองออกจากกันและแกะกากตะกอนออกจากแผ่นกรองด้วยแรงงานคน พร้อมทั้งล้างทำความสะอาดผ้ากรองและเตรียมป้อนสลัดจ์รอบใหม่

### 9.8.4.2 ค่ากำหนดการออกแบบ

เนื่องจากเครื่องอัดกรองมักผลิตเป็นชุดสำเร็จ ดังนั้นก่อนออกแบบหรือเลือกขนาดของเครื่องอัดกรอง ควรศึกษาข้อมูลการออกแบบและรายละเอียดจากผู้ผลิต แต่โดยทั่วไปขนาดของเครื่องอัดกรองจะถูกกำหนดจากปริมาตรของสลัดจ์แห้งที่ได้จากการกรองแต่ละครั้ง ปัจจุบันสำคัญในการหาปริมาตรของสลัดจ์แห้ง ได้แก่ จำนวนรอบทำงานในแต่ละวัน ประเภทของสลัดจ์ และประสิทธิภาพของเครื่องอัดกรอง

## 9.8.5 เครื่องหมุนเหวี่ยง

โดยทั่วไปเครื่องหมุนเหวี่ยงใช้ได้ทั้งในกระบวนการทำชั้นและการแยกน้ำจากสลัดจ์ เป็นวิธีที่มีกลไกการทำงานซับซ้อน ราคาแพง ต้องการพลังงานและการบำรุงรักษาสูงมาก ไม่เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นโดยทั่วไปของประเทศไทย ยกเว้นชุมชนใหญ่ที่มีการพัฒนาสูง มีพื้นที่จำกัด และมีความสะดวกสำหรับการซ่อมบำรุง

#### 9.8.5.1 หลักการทำงาน

การทำชั้นแบบหมุนเหวี่ยงมีหลักการทำงานโดยการเพิ่มความแรงในการจมตัวของสลัดจ์ด้วยการสร้างความโน้มถ่วงเทียมแทนแรงโน้มถ่วงของโลก การหมุนเหวี่ยงจะมีความเร็วประมาณ 500 - 3,000 เท่าของความแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เครื่องหมุนเหวี่ยงมีหลายประเภทแต่ประเภทที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ได้แก่ โซลิดโบล (solid bowl) ทำงานโดยที่โบล (bowl) และคอนเวเยอร์ (conveyor) หมุนด้วยความเร็วต่างกันเล็กน้อย ทำให้คอนเวเยอร์สามารถดึงสลัดจ์ที่มีความเข้มข้นออกจากเครื่องหมุนเหวี่ยงได้ โดยทำงานคล้ายกับใบกวาดสลัดจ์ของถังตกตะกอนส่วนน้ำที่ถูกแยกจากสลัดจ์จะไหลออกอีกด้านหนึ่งและจะถูกสูบกลับไปบำบัดใหม่

#### 9.8.5.2 ค่ากำหนดการออกแบบ

เนื่องจากเครื่องหมุนเหวี่ยงมักผลิตเป็นชุดสำเร็จรูป รวมทั้งเทคโนโลยีของเครื่องหมุนเหวี่ยงของแต่ละผู้ผลิตไม่เหมือนกัน ดังนั้นการเลือกใช้กระบวนการดังกล่าวควรศึกษาข้อมูลการออกแบบและรายละเอียดจากผู้ผลิต ซึ่งผู้ออกแบบต้องเตรียมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณสลัดจ์ความเข้มข้นสลัดจ์เข้า ความเข้มข้นสลัดจ์ที่ต้องการ เป็นต้น

#### 9.8.5.3 ข้อพิจารณาในการออกแบบ

- สำหรับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ ควรออกแบบให้มีเครื่องหมุนเหวี่ยง อย่างน้อยมากกว่า 1 เครื่อง เพื่อสำรองเมื่อมีการซ่อมบำรุงหรือเกิดการชำรุด
- กรวดทรายในสลัดจ์ทำให้เครื่องหมุนเหวี่ยงเสียหาย ดังนั้นต้องมีมาตรการแยกกรวดทรายออกก่อน
- เครื่องสูบสลัดจ์ป้อนสลัดจ์เข้า ควรเป็นแบบปรับอัตราไหลได้
- โครงสร้างฐานต้องสามารถรับแรงสั่นสะเทือนได้ พร้อมทั้งสามารถลดการสั่นสะเทือนขณะทำการหมุนเหวี่ยงได้ ส่วนข้อต่อเชื่อมระหว่างเครื่องหมุนเหวี่ยงและท่อป้อนสลัดจ์เข้าควรต้องออกแบบให้เป็นแบบข้อต่ออ่อน
- เครื่องหมุนเหวี่ยงต้องมีฝาครอบเครื่อง เพื่อลดเสียงดัง
- ต้องมีระบบเติมสารเคมี เช่น โพลีเมอร์ เป็นต้น และมีการกวนผสม (agitate) สลัดจ์ เพื่อปรับสภาพสลัดจ์ก่อนป้อนเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง

### 9.9 ถังพักกากตะกอน

ถังพักกากตะกอนมีหน้าที่เก็บพักกากตะกอนที่ผ่านการแยกน้ำจากสลัดจ์แล้วก่อนนำไปกำจัดต่อไป ในกรณีต้องนำกากตะกอนไปกำจัดนอกโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำควรออกแบบถังพักกากตะกอนให้มีเวลากักไม่น้อยกว่า 1 วัน นอกจากนี้ควรออกแบบให้มีระบบขนย้ายกากตะกอนจากเครื่องแยกน้ำสลัดจ์ไปยังถังพักกากตะกอนด้วย เช่น สายพานลำเลียง หรือเครื่องสูบกากตะกอน เป็นต้น

## 9.10 การกำจัดกากตะกอน

### 9.10.1 วิธีการกำจัดกากตะกอน

กากตะกอนที่ได้จากการแยกน้ำจากสลัดจ์จะต้องนำไปกำจัดในขั้นตอนสุดท้ายต่อไป การกำจัดกากตะกอนกระทำได้ 2 แนวทางหลัก ๆ คือ

- การนำไปทิ้ง ได้แก่ การฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล
- การนำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ การนำไปปรับสภาพดินเพื่อการเกษตร

### 9.10.2 การนำไปทิ้ง

การฝังกลบแบบสุขาภิบาลเป็นวิธีหนึ่งในการกำจัดขยะของชุมชนอยู่แล้ว ดังนั้นถ้าชุมชนใดมีหลุมฝังกลบขยะอยู่แล้วอาจเลือกกำจัดสลัดจ์ด้วยวิธีฝังกลบก็ได้

### 9.10.3 การนำสลัดจ์ไปใช้ประโยชน์

การนำสลัดจ์ไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ การนำสลัดจ์ที่ผ่านการย่อยสลัดจ์แล้วหรือผ่านการหมักแล้วไปกำจัดบนดิน เพื่อจุดประสงค์ในการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร เนื่องจากสลัดจ์มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการ การเปรียบเทียบ ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักกับสลัดจ์ที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียชุมชนของประเทศสหรัฐอเมริกาแสดงดังตารางที่ 9.4

ตารางที่ 9.4 อาหารในปุ๋ยหมักและสลัดจ์ที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชน

| รายการ    | ธาตุอาหาร % |                 |            |
|-----------|-------------|-----------------|------------|
|           | ไนโตรเจน    | ฟอสฟอรัส        | โพแทสเซียม |
| ปุ๋ยหมัก* | $1 \pm 0.4$ | $0.35 \pm 0.26$ | -          |
| สลัดจ์**  | 3.3         | 2.3             | 0.3        |

\* ข้อมูลจาก กรมพัฒนาที่ดิน กองอนุรักษ์ดินและน้ำ

\*\* สลัดจ์ที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของประเทศสหรัฐอเมริกา

เพื่อให้เป็นที่ยอมรับจากชุมชนซึ่งไม่มั่นใจกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อนำสลัดจ์ไปใช้ประโยชน์ เช่น การปนเปื้อนเชื้อโรคและโลหะหนัก การปนเปื้อนแหล่งน้ำใต้ดินหรือผิวดิน การสะสมในดินและห่วงโซ่อาหาร เป็นต้น ดังนั้นควรรวบรวมการศึกษาและวิจัยถึงวิธีการหลีกเลี่ยงและแก้ไขผลกระทบดังกล่าว และสร้างความเชื่อมั่นให้เกิดขึ้นโดยเร็ว ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการนำกากตะกอนไปปรับสภาพดินในการเกษตร สามารถสรุปได้ดังนี้

- ความเหมาะสมทางด้านภูมิประเทศและธรณีวิทยา เช่น ความลาดชัน ลักษณะของชั้นดินระดับของน้ำใต้ดิน ระยะห่างของแหล่งน้ำผิวดิน เป็นต้น
- การปนเปื้อนโลหะหนัก เชื้อโรค และสารประกอบอินทรีย์ที่สะสมในห่วงโซ่อาหาร
- ความสะดวกและความคุ้มค่าสำหรับการขนส่ง เช่น พื้นที่ที่นำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ต้องมีถนนเข้าได้และต้องมีระยะทางขนส่งไม่ไกลมากนัก

- ปริมาณธาตุอาหารที่ต้องการของพืชแต่ละชนิด
- ขนาดของพื้นที่ที่นำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ต้องเพียงพอสำหรับรองรับปริมาณกากตะกอนที่เกิดขึ้น และตามฤดูกาลที่เหมาะสม
- วิธีการนำกากตะกอนคลุกเคล้าลงดิน

### 10.1 อุปกรณ์ตรวจวัดและอุปกรณ์การทดลอง

ในการเดินระบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะการบำบัดทางชีวภาพ ต้องมีการตรวจวัดวิเคราะห์คุณภาพน้ำหรือพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการเดินระบบ ดังนั้น โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำควรมีอุปกรณ์ซึ่งช่วยในการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ด้วย

สำหรับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนโดยทั่วไปต้องเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น กรวยอิมฮอฟฟ์ กระดาษลิตมัสหรือเครื่องวัดพีเอช กระบอกตวง เทอร์โมมิเตอร์ เป็นต้น ถ้าเป็นระบบเอเอสควรมีอุปกรณ์ตรวจวัดอัตราไหลตามจุดต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์วัดอัตราไหลน้ำเข้าและน้ำออก อุปกรณ์วัดอัตราสลัดจ์เวียนกลับ เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้มีความสำคัญต่อการควบคุมการเดินระบบ เช่น คำนวณปริมาณสารเคมีที่ต้องการใช้ คำนวณอัตราสลัดจ์เวียนกลับ เป็นต้น แต่หากเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อสระเติมอากาศ และบ่อปรับเสถียร อาจต้องการเพียงอุปกรณ์วัดอัตราไหลของน้ำเข้าหรือน้ำออกเท่านั้น

ส่วนในระบบขนาดใหญ่หรือมีงบประมาณมากอาจจัดหาอุปกรณ์ที่มีราคาสูงเพิ่มเติม เช่น เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ หรืออาจติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดออกซิเจนละลายหรือพีเอชแบบเชื่อมต่อตรง (online) เพื่อควบคุมการเปิด/ปิดเครื่องเติมอากาศหรือปรับพีเอชได้โดยอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามเมื่อจัดหาอุปกรณ์เหล่านี้แล้ว ควรพิจารณาเรื่องการให้ความรู้ในการใช้งานและวิธีการในการดูแลรักษาแก่พนักงาน ซึ่งจะช่วยให้อุปกรณ์เหล่านั้นเกิดประโยชน์ในการใช้งานสูงสุด

### 10.2 อุปกรณ์นิรภัย

ระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำมักประกอบด้วยเครื่องจักร พื้นที่ปิด พื้นที่ทำงานและอาคารเก็บสารเคมี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อาจจะทำให้เกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุขึ้นได้ การออกแบบจึงควรต้องพิจารณาเรื่องความปลอดภัยด้วย รวมทั้งควรต้องจัดหาอุปกรณ์นิรภัยที่มีความเหมาะสมทั้งในกรณีที่พนักงานทำงานตามปกติและกรณีที่เกิดอุบัติเหตุในพื้นที่นั้น เช่น

- ราวกันตก : ควรมีอยู่รอบบ่อตรวจระบายและช่องทางเปิดทุกแห่ง รวมทั้งในตำแหน่งที่มีความแตกต่างของระดับพื้นเกิน 0.40 เมตร
- การ์ด : ติดตั้งไว้รอบเครื่องจักร โดยเฉพาะเครื่องจักรที่มีส่วนเคลื่อนไหว เช่น สายพานเกียร์ โซ่ เป็นต้น
- ป้ายเตือน : บอกถึงอันตรายต่าง ๆ เช่น พื้นลื่นระดับ ต่อแขวนระดับศีรษะ พื้นลื่น เป็นต้น
- เสื้อยาง : ควรมีวางไว้หน้าอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด
- แสงสว่าง : ควรมีให้เพียงพอ โดยเฉพาะบริเวณที่ต้องมีการขนย้ายอุปกรณ์ต่าง ๆ
- โทรศัพท์ : มีความจำเป็นสำหรับติดต่อศูนย์กลาง เพื่อขอคำแนะนำและแจ้งเหตุ
- อุปกรณ์ตรวจสอบก๊าซพิษ : โดยเฉพาะบ่อเปียกเพื่อเตือนอันตรายจากก๊าซพิษ
- ถังดับเพลิง : ควรเป็นชนิด BC หรือ BCF ใช้ได้กับน้ำมันและไฟฟ้า แต่ไม่ควรเป็นชนิดคาร์บอนเตตราคลอไรด์ เพราะมีความเป็นพิษสูง
- อุปกรณ์จำเป็นอย่างอื่น ๆ : หมวกแข็ง เสื้อชูชีพ ไฟฉาย เชือก เวชภัณฑ์ หน้ากากกันก๊าซเครื่องช่วยหายใจ เป็นต้น

**ศัพท์บัญญัติและนิยาม**  
**ไทย – อังกฤษ**

กรวยอิมฮอฟฟ์ – Imhoff cone  
กระบวนการหน่วย – unit processes  
กราฟน้ำ – hydrograph  
การกำจัด – disposal  
การกำจัดธาตุอาหาร – nutrient removal  
การกำจัดสลัดจ์ – sludge disposal  
การเกิดโพรง – cavitation  
การฆ่าเชื้อ (โรค) – disinfection  
การตกตะกอน – sedimentation  
การเติมคลอรีน – chlorination  
การเติมคลอรีนเบรกพอยต์ – breakpoint chlorination  
การเติมอากาศ – aeration  
การเติมอากาศก่อน (บำบัด) – preaeration  
การเติมอากาศแบบจุดพ่น – jet aeration  
การเติมอากาศยืดเวลา – extended aeration, EA  
การถ่ายเทออกซิเจน – oxygen transfer  
การทำข้นสลัดจ์ – sludge thickening  
การบำบัดขั้นต้น – primary treatment  
การบำบัดขั้นเตรียมการ – preliminary treatment  
การบำบัดขั้นสอง – secondary treatment  
การบำบัดขั้นสูง – advanced treatment  
การบำบัดสลัดจ์ – sludge treatment  
การประเมินผลกระทบต่อสังคม – social impact assessment  
การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม – environmental impact assessment, EIA  
การปรับสภาพสลัดจ์ – sludge conditioning  
การปรับเสถียรสลัดจ์ – sludge stabilization  
การเผาแบบอินซิเอนเรชัน – incineration  
การย่อยแบบแอนแอโรบิก – anaerobic digestion  
การแยกน้ำจากสลัดจ์ – sludge dewatering  
การรีดน้ำสลัดจ์ – sludge dewatering  
การลอยตัวด้วยอากาศละลาย – dissolved air flotation, DAF  
การแลกเปลี่ยนประจุ – ion exchange

การแลกเปลี่ยนไอออน – ion exchange  
 การหมัก – fermentation  
 การไหลในรางเปิด – open-channel flow  
 การไหลแบบตามกัน – plug flow  
 การไหลลัดวงจร – short-circuiting  
 การไหลอิสระ – free flow  
 การอัดกรอง – filter press  
 เกรียนต์ความเร็ว – velocity gradient  
 ของแข็งคงตัว – fixed solids, FS  
 คลองวนเวียน – oxidation ditch  
 คลอรีนคงเหลือ – residual chlorine  
 คลอรีนคงเหลืออิสระ – free residual chlorine  
 คลอรีนที่มี – available chlorine  
 คลอรีนรวมมีอยู่ – combined available chlorine  
 คลอรีนอิสระ (ที่มี) – free (available) chlorine  
 ความเข้มฝน – rainfall intensity  
 ความเร็วล้างตัวเอง – self-cleansing velocity  
 ความลาดชันความเร็ว – velocity gradient  
 คาบอุบัติ – recurrence interval  
 คาบอุบัติฝน – return period  
 คาร์บอนกัมมันต์ – activated carbon  
 คูณเวียน – oxidation ditch  
 เครื่องกวาดผ้าใบ – skimmer  
 เครื่องตัดย่อย – comminutor  
 เครื่องเติมอากาศ – aerator  
 เครื่องเติมอากาศกังหันจมน้ำ – submerged turbine aerator  
 เครื่องเติมอากาศทางกล – mechanical aerator  
 เครื่องเติมอากาศแบบจุดพ่น – jet aerator  
 เครื่องเติมอากาศแบบฟุ้ง – diffusion aerator  
 เครื่องเติมอากาศผิวน้ำ – surface aerator  
 เครื่องเป่า (อากาศ) – blower  
 เครื่องผสมสถิต – static mixer  
 เครื่องสูบลอยโพง – centrifugal pump  
 เครื่องสูบไหลผสม – mixed-flow pump  
 เครื่องอัดกรอง – filter press  
 แควิเตชัน – cavitation



จุติระบายทิ้ง – outfall  
 จุลชีพใช้อากาศ – aerobes  
 จุลชีพไม่ใช้อากาศ – anaerobes  
 ชุดสัมผัสหมุนชีวภาพ – rotating biological contactor, RBC  
 ซีเอสโอ – combined sewer overflow structure, CSOs  
 เซ็ปติก – septic  
 ดีดับบลิวเอฟ – dry weather flow, DWF  
 ดีเอเอฟ – dissolved air flotation, DAF  
 ดุลยภาพมวล – mass balance  
 ตะแกรง – screen  
 ตะแกรงแถบ – bar rack  
 ตะแกรงราง – bar rack  
 ตัวอย่างน้ำเสียแบบผสมรวม – composite wastewater sample  
 ถัง – basin  
 ถังกรองไร้อากาศ – anaerobic filter  
 ถังคัดพันธุ์ – selector  
 ถังตกกรวดทราย – grit chamber  
 ถังเติมอากาศ – aeration tank  
 ถังทำชั้นแรงโน้มถ่วง – gravity thickener  
 ถังทำใส, ถังตกตะกอนชั้นที่สอง – clarifier  
 ถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ – sequencing batch reactor, SBR  
 ถังปรับ (ให้) เท่า – equalizing tank  
 ถังปรับ (ให้) เสมอ – equalizing tank  
 ถังสัมผัส – contact tank  
 ถ่านกัมมันต์ – activated carbon  
 ถ่านไวงาน – activated carbon  
 ท่อดัก – intercepting sewer  
 ท่อดักน้ำเสีย – intercepting sewer  
 ท่อดักระบาย – intercepting sewer  
 ท่อระบายแขนง – lateral sewer  
 ท่อระบายจากอาคาร – building sewer  
 ท่อระบายน้ำฝน – storm drain  
 ท่อระบายน้ำฝนจากอาคาร – building storm sewer  
 ท่อระบายแยก – separate sewer  
 ท่อระบายรวม – combined sewer  
 ท่อระบายลอด – depressed sewer

ท่อระบายหลัก – main sewer  
 ท่อระบายใหญ่ – trunk sewer  
 ท่อลอด – culvert  
 ท่อหลักความดัน – force main  
 ท่อหลักบังคับไหล – force main  
 ท่ออ้อม – bypass  
 ทางอ้อม – bypass  
 น้ำกระโดด – hydraulic jump  
 น้ำตะกอน – mixed liquor  
 น้ำท่า – runoff  
 น้ำรั่วซึมเข้าท่อ – infiltration  
 น้ำสลัดจ์ – mixed liquor  
 น้ำไหลเข้า – inflow  
 น้ำไหลนอง – runoff  
 บ่อขัดแต่ง – polishing pond  
 บ่อตรวจ – manhole  
 บ่อตรวจโครก – flushing manhole  
 บ่อตรวจแบบลดระดับท่อ – drop manhole  
 บ่อบ่ม – maturation pond  
 บ่อปรับเสถียรแบบแฟคัลเททีฟ – facultative (stabilization) pond  
 บ่อปรับเสถียร – stabilization pond, SP  
 บ่อปรับเสถียรแอนแอโรบิก – anaerobic stabilization pond  
 บ่อเปียก – wet well  
 บ่อผันน้ำ – diversion chamber  
 บ่อผันน้ำเสีย – combined sewer overflow structure, CSOs  
 บ่อผึ่ง – oxidation pond  
 บ่อพัก – sump  
 บ่อแฟคัลเททีฟ – facultative (stabilization) pond  
 บ่อแห้ง – dry well  
 บ่อแอนแอโรบิก, บ่อเหม็น – anaerobic pond  
 บึงประดิษฐ์ – constructed wetlands  
 แบคทีเรีย – bacteria  
 แบตช์ – batch  
 แบฟเฟิล – baffle  
 ประตูกระดก – flap gate  
 ประตูพลิก – flap gate

เป็นเนื้อเดียวกัน – homogeneous  
 ไพรยกรอง – trickling filter, TF  
 แผ่นกั้น – baffle  
 ฝ้าไข – scum  
 ฝาย – weir  
 ฝายบากร่องตัววี – V-notch weir  
 ฝายสี่เหลี่ยม (ผืนผ้า) แบบสันกว้าง – broad-crested rectangular wier  
 ฝายสี่เหลี่ยม (ผืนผ้า) แบบสันคม – sharp-crested rectangular weir  
 ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู – trapezoidal weir  
 ฝายหุบ – contraction weir  
 พาร์แชลล์ฟลูม – Parshall flume  
 พื้นที่ชุ่มน้ำเทียม – artificial wetland  
 พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ – constructed wetlands  
 พื้นที่ระบายน้ำ – drainage area  
 พื้นที่รับน้ำ – catchment area  
 พื้นที่รับน้ำ – watershed  
 โพรไฟล์ชลศาสตร์ – hydraulic profile  
 ฟลูม – flume  
 ฟอง (อากาศ) หยาบ – coars bubble  
 ฟองอากาศละเอียด – fine bubble  
 แฟคัลเททีฟ – facultative  
 ภาระบีโอดี – BOD loading  
 มาตรวัดการไหล – flow meter  
 ไม่ใช้อากาศ – anaerobic  
 ยูเอเอสบี – upflow anaerobic sludge blanket, UASB  
 ระบบรวบรวมน้ำเสีย – wastewater collecting system  
 ระบบระบายน้ำฝน – storm drain system  
 ระบบระบายแยก – separate sewer system  
 ระบบลำเลียงน้ำเสีย – wastewater collecting system  
 ระยะเวลาการไหลของน้ำท่า – time of concentration; tc  
 รัศมีชลศาสตร์ – hydraulic radius  
 รังดักกรวดทราย – grit chamber  
 รังน้ำ – flume  
 รังพาร์แชลล์ – Parshall flume  
 โรงงานขนาดโต๊ะทดลอง – bench-scale plant  
 โรงงานนำร่อง – pilot plant

ไร้อากาศ – anaerobic  
 ลักษณะน้ำเสีย – wastewater characteristic  
 ลานตากสลัดจ์ – sludge bed  
 ลุ่มน้ำ – basin  
 วาล์วกันกลับ – check valve  
 วาล์วเช็ค – check valve  
 วาล์วประตู – gate valve  
 วาล์วผีเสื้อ – butterfly valve  
 วาล์วไหลทางเดียว – check valve  
 วิธีหลักเหตุผล – rational method  
 เวลาพักกักขังศาสตร์ – hydraulic retention time, HRT  
 เวลาพักกักน้ำ – hydraulic retention time, HRT  
 เวลาค้นว่าฝนตก – time of concentration;  $t_c$   
 เวลารวมตัวของน้ำท่า – time of concentration;  $t_c$   
 เวลาสัมผัส – contact time (detention time)  
 เวย์ร์ – weir  
 สภาพเน่าดำ – septic  
 สระเติมอากาศ – aerated lagoon, AL  
 สลัดจ์ขั้นสอง – secondary sludge  
 สลัดจ์กัมมันต์ – activated sludge, AS  
 สลัดจ์ขั้นต้น – primary sludge  
 สลัดจ์ดิบ – raw sludge  
 สลัดจ์ไวงาน – activated sludge, AS  
 สลัดจ์ไวงานส่วนเกิน – excess activated sludge  
 สลัดจ์ส่วนเกิน – excess sludge  
 สลัดจ์สูบกลับ – returned sludge  
 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานฮาเซนวิลเลียมส์ – Hazen-Williams roughness coefficient  
 สัมประสิทธิ์ความหยาบของผิวแมนนิ่ง – manning roughness coefficient  
 สัมประสิทธิ์น้ำท่า – runoff coefficient  
 สัมประสิทธิ์น้ำไหลนอง – runoff coefficient  
 สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิต – yield coefficient  
 สายพานรีดน้ำ – belt press  
 สายพานอัด – belt press  
 สารปรับสภาพดิน – soil conditioner  
 สารอินทรีย์ – organic matter  
 สาหร่ายเบ่งบาน – algal bloom

เส้นโค้งลักษณะเครื่องสูบลูกสูบ – pump characteristic curve  
 เส้นโค้งเฮดของระบบ – system head capacity curve  
 หน้าตัดชลศาสตร์ – hydraulic profile  
 หลุมรับน้ำ – catch basin  
 ห้องผันน้ำ – diversion chamber  
 หัวฟู – diffuser  
 หัวฟูชนิดไม่ใช้รูพรุน – nonporous diffuser  
 หัวฟูชนิดรูพรุน – porous diffuser  
 ออร์ฟิสใต้หน้า – submerged orifice  
 ออสโมซิสผันทกลับ – reverse osmosis, RO  
 อะมีบา – amoeba  
 อัตราการจับใช้ออกซิเจน – oxygen uptake rate, OUR  
 อัตราน้ำล้นผิว – surface overflow rate  
 อัตราภาระของแข็ง – solids loading rate  
 อัตราภาระบีโอดีเชิงพื้นที่ – aerial BOD loading rate  
 อัตราภาระฝาย – weir loading rate  
 อัตราภาระอินทรีย์ – organic loading rate  
 อัตราเร็วปลายสุด – tip speed  
 อัตราส่วนสารอินทรีย์ต่อจุลชีพ – food to microorganism ratio, F/M  
 อัตราไหลขณะฝนตก – wet weather flow  
 อัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุด – minimum hourly flow,  $Q_{min.h}$   
 อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด – maximum hourly flow,  $Q_{max.h}$   
 อัตราไหลรายวันเฉลี่ย – average daily flow  
 อัตราไหลรายวันสูงสุด – maximum daily flow,  $Q_{max.d}$   
 อัตราไหลหน้าฝน – wet weather flow  
 อัตราไหลหน้าแล้ง – dry weather flow, DWF  
 อัลกัลบลูม – algal bloom  
 อ่าง – basin  
 อายุสัณฐาน – mean cell residence time, MCRT  
 อาร์บีซี – rotating biological contactor, RBC  
 อาร์โอ – reverse osmosis, RO  
 อินทรีย์สาร – organic matter  
 อีเอ – extended aeration, EA  
 อีไอเอ – environmental impact assessment, EIA  
 เอชอาร์ที – hydraulic retention time, HRT  
 เอฟต่อเอ็ม – food to microorganism ratio, F/M

เอฟเอส – fixed solids, FS  
เอ็มแอลวีเอสเอส – mixed liquor volatile suspended solids, MLVSS  
เอ็มแอลเอสเอส – mixed liquor suspended solids, MLSS  
เอสบีอาร์ – sequencing batch reactor, SBR  
เอสไอเอ – social impact assessment  
เอเอส – activated sludge, AS  
เอเอสแบบธรรมดา – conventional activated sludge  
แอกทีเวเต็ดสลัดจ์ – activated sludge, AS  
แอน็อกซิก – anoxic  
แอนแอโรบส์ – anaerobes  
แอนแอโรบิก – anaerobic  
แอโรบส์ – aerobes  
แอโรบิก – aerobic  
โอยูอาร์ – oxygen uptake rate, OUR  
เฮด – head  
เฮดความเร็ว – velocity head  
เฮดเสียดทาน – friction head  
โฮโมจีเนียส – homogeneous  
ไฮโดรกราฟ – hydrograph

## ศัพท์บัญญัติและนิยาม

### อังกฤษ – ไทย

**activated carbon** – ถ่านไวงาน, ถ่านกัมมันต์, คาร์บอนกัมมันต์: ถ่านสังเคราะห์ ซึ่งมีสมบัติในการดูดซับสูง โดยเฉพาะสารอินทรีย์

**activated sludge, AS** – แอกลีเวเต็ดสลัดจ์, เอเอส, สลัดจ์ไวงาน, สลัดจ์กัมมันต์: จุลินทรีย์ที่เลี้ยงไว้ในถังเติมอากาศเพื่อใช้กำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

**advanced treatment** – การบำบัดขั้นสูง

**aerated lagoon, AL** – สระเติมอากาศ: ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบเติมอากาศลงสระและไม่มีการหมุนเวียนสลัดจ์

**aeration** – การเติมอากาศ: กระบวนการที่ทำให้น้ำและอากาศสัมผัสกัน ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้น

**aeration tank** – ถังเติมอากาศ

**aerator** – เครื่องเติมอากาศ

**aerial BOD loading rate** – อัตราภาระบีโอดีเชิงพื้นที่

**aerobes** – แอโรบส์, จุลชีพใช้อากาศ

**aerobic** – แอโรบิก, มีอากาศ, ใช้อากาศ, ใช้ออกซิเจน

**algal bloom** – อัลกัลบลูม, สาหร่ายเบ่งบาน: การเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของกลุ่มชีวพืชจำนวนมาก ทั้งที่มองเห็นและไม่เห็นด้วยตาเปล่า ทำให้น้ำมีสีเขียวหรือแดง

**amoeba** – อะมีบา: โปรโทซoonหรือสัตว์เซลล์เดียวขนาดเล็กชนิดหนึ่ง

**anaerobes** – แอนแอโรบส์, จุลชีพไม่ใช้อากาศ: จุลชีพที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนอิสระ

**anaerobic** – แอนแอโรบิก, ไร้อากาศ, ไม่ใช้อากาศ, ไม่ใช้ออกซิเจน

**anaerobic digestion** – การย่อยแบบแอนแอโรบิก: การทำให้สารอินทรีย์ (โดยเฉพาะสลัดจ์) ย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ

**anaerobic filter** – ถังกรองไร้อากาศ: หน่วยบำบัดน้ำเสียชนิดแอนแอโรบิก โดยให้น้ำเสียไหลผ่านชั้นกรอง ซึ่งมีตัวกลางเป็นหิน หรือกรวดหรือพลาสติก โดยไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบน

**anaerobic pond** – บ่อแอนแอโรบิก, บ่อเหม็น: บ่อบำบัดที่มีความลึกมาก อยู่ในสภาพแอนแอโรบิก ใช้บำบัดน้ำเสียได้ โดยเฉพาะน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง

**anaerobic stabilization pond** – บ่อปรับเสถียรแอนแอโรบิก

**anoxic** – แอน็อกซิก: สภาวะที่ไม่มีการเติมอากาศ แต่ไม่เป็นสภาพแอนแอโรบิก เพราะมีไนเตรทอยู่ และจุลินทรีย์สามารถดึงเอาออกซิเจนจากไนเตรทมาใช้ได้ จึงเกิดการลดรูปของไนเตรทโดยดีไนตริฟลายเออร์ไปเป็นก๊าซไนโตรเจน ผ่านกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน

**artificial wetland** – พื้นที่ชุ่มน้ำเทียม

**available chlorine** – คลอรีนที่มี: ความเข้มข้นของคลอรีนทั้งหมดในน้ำ

**average daily flow** – อัตราไหล่วันเฉลี่ย: อัตราไหลเฉลี่ยทั้งปี มีหน่วยเป็น ลบ.ม./วัน

**bacteria** – แบกทีเรีย

**baffle** – แบริล, แผ่นกั้น

**bar rack** – ตะแกรงราง, ตะแกรงแถบ

**basin** – อ่าง, ถัง, บ่อ, แอ่ง, ลุ่มน้ำ

**batch** – แบตช์: เป็นคราว ๆ ไม่ต่อเนื่อง

**belt press** – สายพานรีดน้ำ, สายพานอัด: อุปกรณ์ใช้ในการรีดน้ำออกจากสลัดจ์

**bench-scale plant** – โรงงานขนาดเล็กทดลอง: การทดลองขนาดเล็กสำหรับหาข้อมูลพื้นฐานก่อนนำไปทดสอบในระดับโรงงานนำร่องต่อไป

**blower** – เครื่องเป่า(อากาศ)

**BOD loading** – ภาระบีโอดี: ค่ากำหนดในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียมีหน่วยเป็น กก.บีโอดี/ลบ.ม. - วัน หรือ กก.บีโอดี/ตร.ม. - วัน หรือ กก.บีโอดี/กก.เอ็มแอลเอสเอส - วัน

**breakpoint chlorination** – การเติมคลอรีนเบรกพอยต์: การเติมคลอรีนในน้ำหรือน้ำเสียจนพอดีทำปฏิกิริยากับสิ่งปะปน ถ้าเติมต่อไปจากจุดนี้จะเป็นคลอรีนอิสระ

**broad-crested rectangular wier** – ฝายสี่เหลี่ยม (ผืนผ้า) แบบสันกว้าง: ฝายที่มีการบากร่องให้น้ำไหลผ่านเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีสัน(ฝาย)กว้าง ซึ่งอาจเป็นกำแพงคอนกรีต

**building sewer** – ท่อระบายจากอาคาร: ท่อระบายน้ำทิ้งจากตัวอาคารที่เชื่อมกับท่อระบายสาธารณะ

**building storm sewer** – ท่อระบายน้ำฝนจากอาคาร: ท่อระบายน้ำฝนจากอาคารสู่ท่อระบายน้ำฝนสาธารณะ

**butterfly valve** – วาล์วผีเสื้อ: วาล์วชนิดหนึ่งใช้สำหรับปรับอัตราไหล

**bypass** – ท่ออ้อม, ทางอ้อม

**catch basin** – หลุมรับน้ำ: หลุมที่สร้างไว้ที่ขอบถนนเพื่อรับน้ำฝนและส่งไปยังท่อระบาย

**catchment area** – พื้นที่รับน้ำ

**cavitation** – (1) แควติชั่น: การแตกของฟองอากาศในน้ำเนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำในลักษณะที่ลดความดันภายใน ทำให้ก๊าซที่ละลายอยู่ขยายตัวอย่างรวดเร็ว และแรงกระแทกของน้ำมักทำให้เกิดเป็นหลุมสึกกร่อนในวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างที่สัมผัสกับน้ำ

(2) การเกิดโพรง: การเกิดช่องว่างระหว่างผิวด้านปลายน้ำของสิ่งที่เคลื่อนไหว เช่น ใบของใบพัดกับของเหลวที่สัมผัส

**centrifugal pump** – เครื่องสูบหยอชิง: เครื่องสูบน้ำซึ่งมีใบพัดหมุน ทำให้เกิดความดันในของเหลวด้วยความเร็วที่ได้จากแรงหนีศูนย์กลาง

**check valve** – วาล์วไหลทางเดียว, วาล์วกั้นกลับ, วาล์วเช็ค

**chlorination** – การเติมคลอรีน: การใส่คลอรีนไปในน้ำหรือน้ำเสีย มักทำเพื่อฆ่าเชื้อโรค

**clarifier** – ถังทำใส



**coares bubble** – ฟอง (อากาศ) หยาบ: ฟองอากาศที่มีขนาดใหญ่ซึ่งได้จากการเติมอากาศจากหัวฟู่ชนิดหยาบ

**combined available chlorine** – คลอรีนรวมมีอยู่

**combined sewer** – ท่อระบายรวม: ท่อระบายที่รับทั้งน้ำเสียและน้ำฝน

**combined sewer overflow structure, CSOs** – บ่อผันน้ำเสีย, ซีเอสโอ

**comminutor** – เครื่องตัดย่อย

**composite wastewater sample** – ตัวอย่างน้ำเสียแบบผสมรวม: ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บมาตามช่วงเวลาที่กำหนด โดยทั่วไปจะเป็นการเก็บทุก ๆ ชั่วโมง เป็นระยะเวลาหนึ่ง แล้วนำมาผสมกันก่อนวิเคราะห์ เพื่อกำจัดผลกระทบจากตัวแปรต่าง ๆ ของตัวอย่างน้ำแต่ละตัวให้มีน้อยที่สุด สัดส่วนการนำตัวอย่างน้ำเสียแต่ละตัวอย่างที่นำมาผสมกัน ควรผสมตามสัดส่วนอัตราไหลน้ำเสียที่ไหลในขณะเก็บตัวอย่าง

**constructed wetlands** – บึงประดิษฐ์, พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์: ระบบบำบัดน้ำเสียที่สร้างขึ้นเลียนแบบบึงธรรมชาติ มีระดับน้ำไม่ลึกนัก และปลูกพืชน้ำ เช่น กก แพง บัว ฐปฤษา จอก แหน ฯลฯ ไว้เป็นปัจจัยหนึ่งในการบำบัดน้ำเสีย

**contact tank** – ถังสัมผัส: ถังที่ใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำหรือน้ำเสียเพื่อให้การสัมผัสของน้ำกับสารเคมีเป็นไปในช่วงระยะเวลาหนึ่งอย่างสมบูรณ์

**contact time (detention time)** – เวลาสัมผัส: ระยะเวลาที่น้ำเสียสัมผัสกับจุลินทรีย์หรือสารเคมีเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยา

**contraction weir** – ฝายหุบ: ฝายที่มีช่องน้ำไหลแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนกว้างของสันแคบกว่าตัวฝาย ขอบตั่งสูงกว่าระดับน้ำ ซึ่งทำให้เกิดการบีบตัวของกระแสน้ำขณะไหลพุ่งออกจากฝาย

**conventional activated sludge** – เอเอสแบบธรรมดา

**culvert** – ท่อลอด: ท่อระบายน้ำแบบปิด ใช้เป็นทางผ่านของน้ำลอดใต้ถนน ทางรถไฟ คลอง หรือเขื่อนดิน; โครงสร้างสะพานข้ามลำน้ำซึ่งมีระยะกว้างไม่เกิน 7 เมตร

**depressed sewer** – ท่อระบายลอด: ส่วนของท่อระบายน้ำทิ้งซึ่งวางต่ำกว่าปกติเพื่อต่อลอดคลองหรือสิ่งกีดขวางอื่น ๆ

**diffuser** – หัวฟู่: แผ่น หลอด หรือเครื่องมืออื่น ๆ ซึ่งมีความพรุน ยอมให้อากาศผ่านไปได้ และทำให้อากาศแตกตัวออกเป็นฟองอากาศเล็ก ๆ เพื่อให้เกิดการแพร่ในของเหลว โดยทั่วไปจะทำจากคาโบรันดัม (มีส่วนประกอบคือ ถ่านกับทราย) เหล็กหรือพลาสติก

**diffusion aerator** – เครื่องเติมอากาศแบบฟู่: เครื่องเติมอากาศซึ่งเป่าอากาศภายใต้ความกดต่ำผ่านเข้าไปยังแผ่น หลอด หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ซึ่งจมอยู่ส่วนล่างของถัง เพื่อให้เกิดฟองอากาศเล็ก ๆ ขึ้นในน้ำหรือน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง

**disinfection** – การฆ่าเชื้อ (โรค)

**disposal** – การกำจัด: คือการทำให้พ้นไป ต่างจากการบำบัดซึ่งหมายถึงการทำให้ดีขึ้น

**dissolved air flotation, DAF** – การลอยตัวด้วยอากาศละลาย, ดีเอเอฟ: กระบวนการกำจัดสารเบา เช่น ไขมัน น้ำมัน ในน้ำเสีย โดยใช้อากาศอัดภายใต้ความดันแล้วมาปล่อยให้ลอยตัวในถังบำบัดที่บรรยากาศปกติ

**diversion chamber** – บ่อผันน้ำ, ห้องผันน้ำ: บ่อที่ใช้ควบคุมการกระจายน้ำไปสู่ท่อออกต่าง ๆ

**drainage area** – พื้นที่ระบายน้ำ: พื้นที่ซึ่งรับน้ำฝนและไหลระบายออกสู่ที่ลุ่ม อาจเรียก catchment area หรือ watershed หรือ drainage basin; พื้นที่ที่มีระบบระบายน้ำฝนและน้ำผิวดิน

**drop manhole** – บ่อตรวจแบบลดระดับท่อ: บ่อตรวจระบายที่มีท่อเข้ามากกว่าหนึ่งเส้นท่อ และท่อเหล่านั้นมีระดับความลึกที่ต่อเข้าบ่อตรวจไม่เท่ากัน

**dry weather flow, DWF** – อัตราไหลหน้าแล้ง, ดีดับบลิวเอฟ: ปริมาณน้ำเสียในท่อระบายน้ำในหน้าแล้ง

**dry well** – บ่อแห้ง: สถานีสูบน้ำที่อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำที่สูบ แยกจากส่วนที่เรียกว่าบ่อเปียก (wet well) บ่อแห้งจะเป็นสถานที่ที่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อความสะดวกต่อการบำรุงรักษา

**environmental impact assessment, EIA** – การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม, อีไอเอ

**equalizing tank** – ถังปรับ (ให้) เสมอ, ถังปรับ (ให้) เท่า: ถังขนาดใหญ่ที่กักน้ำเสียได้มากและนานพอเพื่อให้น้ำเสียรวมมีลักษณะและอัตราการไหล (ก่อนป้อนเข้าสู่ระบบบำบัด) ค่อนข้างสม่ำเสมอหรือคงที่

**excess activated sludge** – สลัดจ์ไวงานส่วนเกิน: ปริมาณสลัดจ์จากระบบเอเอสที่เกิดขึ้นเกินความต้องการและต้องถูกกำจัดออกไปจากระบบ

**excess sludge** – สลัดจ์ส่วนเกิน: ดู excess activated sludge

**extended aeration, EA** – การเติมอากาศยืดเวลา, อีเอ: ระบบเอเอสที่มีการเติมอากาศนานกว่าธรรมดาเพื่อให้มีการย่อยสลายสลัดจ์และสารอินทรีย์ในตัว จนได้สลัดจ์ที่เหมาะสมในการกำจัดขั้นสุดท้าย

**facultative** – แฟคัลเททีฟ: อยู่ได้ทั้งในสภาพที่มี/ไม่มีอากาศหรือออกซิเจนอิสระ

**facultative (stabilization) pond** – บ่อแฟคัลเททีฟ, บ่อปรับเสถียรแบบแฟคัลเททีฟ: บ่อบำบัดที่ใช้อากาศในชั้นบนและไร้อากาศในชั้นล่าง

**fermentation** – การหมัก: การเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดจากเชื้อหมัก เช่น เอ็นไซม์ของยีสต์; การเปลี่ยนแปลงในอินทรีย์สารหรือของเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ โดยจุลินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจนโดยปกติจะเป็นเพียงการเปลี่ยนสารอินทรีย์จากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่ง เช่น จากแป้งไปเป็นอัลกอฮอล์ ผิดกับการย่อยที่จะเปลี่ยนรูปเลยไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และ/หรือมีเทน

**filter press** – เครื่องอัดกรอง, การอัดกรอง: การลดน้ำ/การแยกน้ำจากสลัดจ์ โดยใช้การอัดเพิ่มความดัน

**fine bubble** – ฟองอากาศละเอียด

**fixed solids, FS** – ของแข็งคงตัว, เอฟเอส: สิ่งตกค้างหลังจากการเผาไหม้ที่ 550 องศาเซลเซียสของสารแขวนลอยหรือสารละลายตามขั้นตอนมาตรฐาน

**flap gate** – ประตูกระดก, ประตูพลิก: ประตูซึ่งเปิดและปิดโดยการพลิกหมุนรอบบานพับ

**flow meter** – มาตรวัดการไหล

**flume – ฟลูม, รางน้ำ:** โครงสร้างชลศาสตร์ที่ใช้สำหรับวัดอัตราการไหล หรือควบคุมการไหล

**flushing manhole – บ่อตรวจโครก:** บ่อตรวจซึ่งใช้สำหรับผันน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ หรือบ่อตรวจซึ่งมีน้ำเสียไหลมารวมกันเป็นปริมาณมาก และมีประตูน้ำสำหรับปล่อยออกอย่างรวดเร็วเพื่อล้างท่อระบาย

**food to microorganism ratio, F/M – เอฟต่อเอ็ม, อัตราส่วนสารอินทรีย์ต่อจุลชีพ:** ในระบบเอเอส หมายถึง อัตราการป้อนปริมาณสารอินทรีย์หรือบีโอดี (กก./วัน) เข้าถังเติมอากาศต่อจำนวนจุลชีพ (กก.) วัดในรูปของเอ็มแอลเอสเอสหรือเอ็มแอลวีเอสเอสที่มีอยู่ในถังเติมอากาศ

**force main – ท่อหลักความดัน, ท่อหลักบังคับไหล:** ท่อความดันเชื่อมต่อกับเครื่องสูบน้ำหรือสถานีสูบน้ำเสีย

**free (available) chlorine – คลอรีนอิสระ (ที่มี):** ปริมาณคลอรีนที่มีในรูปก๊าซละลายน้ำ กรดไฮโปคลอรัสหรือไฮโปคลอไรต์ไอออน ซึ่งไม่ได้ผสมกับแอมโมเนีย

**free flow – การไหลอิสระ:** การไหลของน้ำในท่อหรือรางเปิดตามสภาพปกติ ไม่มีผลกระทบจากสิ่งอื่นเช่น จากการเอ่อท้นน้ำ

**free residual chlorine – คลอรีนคงเหลืออิสระ**

**friction head – เฮดเสียดทาน:** เฮดที่ลดหายไป เนื่องจากการสัมผัสระหว่างน้ำที่ไหลกับทางน้ำทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างกัน

**gate valve – วาล์วประตู:** ประตูน้ำแบบที่ใช้งานโดยทั่วไป มีลิ้นเลื่อนปิด-เปิดในทิศตั้งฉากกับทิศทางการไหล เหมาะสำหรับการเปิดสุด/ปิดสนิท

**gravity thickener – ถังทำชั้นแรงโน้มถ่วง**

**grit chamber – ถังดักกรวดทราย, รางดักกรวดทราย:** รางน้ำซึ่งน้ำเสียจะไหลอย่างช้า เพื่อให้กรวดทรายตกตะกอน

**Hazen-Williams roughness coefficient – สัมประสิทธิ์ความเสียดทานฮาเซนวิลเลียมส์:** ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งสัมพันธ์กับวัสดุที่ใช้ทำท่อและมีผลกระทบต่อความเร็วในการไหล ใช้ในการคำนวณในสมการของฮาเซนวิลเลียมส์

**head – เฮด**

**homogeneous – โฮโมจีเนียส, เป็นเนื้อเดียวกัน**

**hydraulic jump – น้ำกระโดด :** การปั่นป่วนของน้ำในรางเปิด เนื่องจากการไหลอิสระโดยกะทันหันจากสภาวะการไหลต่ำกว่าวิกฤติไปยังสภาวะการไหลเหนือวิกฤติ

**hydraulic profile – โพรไฟล์ชลศาสตร์, หน้าตัดชลศาสตร์:** รูปโพรไฟล์ตามแนวแกนของการไหลในลำน้ำหรือท่อ เพื่อแสดงระดับของกันลำน้ำหรือผิวน้ำหรือเส้นพลังงาน

**hydraulic radius, R – รัศมีชลศาสตร์:** อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดการไหล (ของน้ำที่ไหลในท่อหรือราง) กับเส้นขอบเปียก (wet perimeter) ; เส้นขอบเปียก หมายถึง ความยาวส่วนสัมผัสที่เปียกระหว่างกระแสน้ำกับท่อหรือรางที่บรรจุอยู่ วัดในแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหล

**hydraulic retention time, HRT – เฮชอาร์ที, เวลากักพักน้ำ, เวลากักพักชลศาสตร์**

**hydrograph** – ไฮโดรกราฟ, กราฟน้ำ: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหรืออัตราไหลของน้ำเทียบกับเวลา

**Imhoff cone** – กรวยอิมฮอฟฟ์: กรองที่ใช้วัดตะกอนหนักหรือของแข็งจมตัวได้

**incineration** – การเผาแบบอินซิเอร์ชัน: การเผาไหม้ของเสียหรือขยะที่อุณหภูมิสูงมาก เช่น 800 - 1,000 องศาเซลเซียสจนเหลือเป็นเถ้า โดยปกติปริมาตรจะลดลง 30% และน้ำหนักลดลง 60%

**infiltration** – น้ำรั่วซึมเข้าท่อ: ปริมาณน้ำใต้ดินรั่วซึมเข้าท่อผ่านรอยแตกหรือรอยต่อของท่อ

**inflow** – น้ำไหลเข้า: น้ำที่ไหลเข้าระบบ ระบายน้ำเสียผ่านทางฝาบ่อตรวจ

**intercepting sewer** – ท่อดักระบาย, ท่อดักน้ำเสีย, ท่อดัก: ท่อระบายใหญ่ที่รับน้ำเสียปนน้ำฝนจากบ่อดักน้ำเสีย (CSOs) ในระบบรวบรวมน้ำเสียแบบท่อระบายรวมในปริมาณที่กำหนดเพื่อนำไปบำบัดหรือระบายทิ้ง

**ion exchange** – การแลกเปลี่ยนประจุ, การแลกเปลี่ยนไอออน

**jet aeration** – การเติมอากาศแบบจุดพ่น: การเติมอากาศโดยอาศัยแรงดูด เนื่องจากความเร็วของน้ำในท่อ ทำให้สามารถดูดอากาศลงไปผสมกับน้ำแล้วพ่นออก

**jet aerator** – เครื่องเติมอากาศแบบจุดพ่น

**lateral sewer** – ท่อระบายแขนง: ท่อระบายน้ำที่รับน้ำเสียจากท่อระบายอาคาร

**main sewer** – ท่อระบายหลัก: ท่อระบายหลักซึ่งรับน้ำจากท่อกิ่ง (หรือท่อระบายแขนง)

**manhole** – บ่อตรวจ: บ่อที่ติดตั้งเป็นระยะในระบบรวบรวมน้ำเสียหรือระบายน้ำฝน เพื่อใช้เป็นจุดเชื่อมต่อท่อและลงไปบำรุงรักษา

**manning roughness coefficient** – สัมประสิทธิ์ความหยาบของผิวแมนนิ่ง: สัมประสิทธิ์ของความหยาบที่ผิวที่กำหนดขึ้นโดยนายแมนนิ่ง

**mass balance** – ดุลยภาพมวล

**maturation pond** – บ่อบ่ม: บ่อบำบัดขั้นสุดท้ายสำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งให้ดีขึ้น

**maximum daily flow, Q<sub>max.d</sub>** – อัตราไหลรายวันสูงสุด: ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นสูงสุดภายใน 1 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราไหลเฉลี่ยตลอดทั้งปี

**maximum hourly flow, Q<sub>max.h</sub>** – อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด: ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นสูงสุดภายใน 1 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราไหลเฉลี่ยตลอดทั้งปี

**mean cell residence time, MCRT** – อายุสลัดจ์: ระยะเวลาที่จุลชีพออยู่ในระบบบำบัดทางชีวภาพมักนิยมใช้สัญลักษณ์  $\theta_c$

**mechanical aerator** – เครื่องเติมอากาศทางกล: เครื่องจักรกลที่ใช้เติมออกซิเจนให้แก่น้ำเสีย

**minimum hourly flow, Q<sub>min.h</sub>** – อัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุด: ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่ำสุดภายใน 1 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราไหลเฉลี่ยตลอดทั้งปี

**mixed-flow pump** – เครื่องสูบน้ำผสม

**mixed liquor** – น้ำสลัดจ์, น้ำตะกอน: น้ำที่มีสลัดจ์และอยู่ในสภาวะการย่อยสลายอินทรีย์ในถังเติมอากาศ, ดู MLSS และ MLVSS

**mixed liquor suspended solids, MLSS** – เอ็มแอลเอสเอส: ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (mixed liquor) ในถังเติมอากาศ

**mixed liquor volatile suspended solids, MLVSS** – เอ็มแอลวีเอสเอส: ของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายในน้ำตะกอน (mixed liquor) ในถังเติมอากาศ

**nonporous diffuser** – หัวฟุ้งชนิดไม่ใช้รูพรุน

**nutrient removal** – การกำจัดธาตุอาหาร

**open-channel flow** – การไหลในรางเปิด: การไหลของน้ำ โดยผิวหน้าสัมผัสกับอากาศ ซึ่งอาจหมายถึงน้ำที่ไหลไม่เต็มท่อก็ได้

**organic loading rate** – อัตราภาระอินทรีย์: อัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อขนาดระบบบำบัด มีหน่วยเป็น กก./ม.<sup>3</sup> - วัน หรือ กก./ม.<sup>2</sup> - วัน

**organic matter** – สารอินทรีย์, อินทรียสาร: สารซึ่งมาจากสิ่งมีชีวิต สัตว์หรือพืช มีคาร์บอนและไฮโดรเจน และสารอนุพันธ์ของไฮโดรเจน คาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

**outfall** – จุดระบายทิ้ง: จุด ตำแหน่ง หรือสถานที่ซึ่งน้ำเสียหรือน้ำที่จะระบายทิ้งถูกปล่อยออกมาจากท่อระบาย ท่อน้ำ หรือรางน้ำอื่น ๆ

**oxidation ditch** – คูวนเวียน, คลองวนเวียน

**oxidation pond** – บ่อผึ่ง: บ่อบำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะเป็นบ่อตื้นธรรมชาติ มีสาหร่ายหนาแน่น ซึ่งเป็นแหล่งให้ออกซิเจนแก่น้ำเสียในบ่อ

**oxygen transfer** – การถ่ายเทออกซิเจน: อัตราที่ออกซิเจนถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์ในเวลาหนึ่ง ๆ มีหน่วยเป็น มก./ล.-วัน

**oxygen uptake rate, OUR** – โอยูอาร์, อัตราการจับใช้ออกซิเจน: อัตราที่ออกซิเจนถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์ในเวลาหนึ่ง ๆ มีหน่วยเป็น มก./ล.-วัน

**Parshall flume** – รางพาร์แชลล์, พาร์แชลล์ฟลูม: เครื่องมือมาตรฐานพัฒนาโดย Parshall ใช้วัดการไหลของของเหลวในรางน้ำเปิด

**pilot plant** – โรงงานนำร่อง: ระบบทดลองกระบวนการในรูปแบบที่เหมือนจริงแต่ย่อขนาดลง

**plug flow** – การไหลแบบตามกัน: การไหลผ่านถังซึ่งปกติเป็นรูปตามยาว อนุภาคใดเข้าถังก่อนจะออกจากถังก่อนเสมอ เรียกอีกอย่างว่า tubular flow

**polishing pond** – บ่อขัดแต่ง: บ่อบำบัดโดยวิธีธรรมชาติ มักใช้ต่อบนบ่อปรับเสถียรหรือสระเติมอากาศ

**porous diffuser** – หัวฟุ้งชนิดรูพรุน

**preaeration** – การเติมอากาศก่อน(บำบัด): การเตรียมสภาพของน้ำก่อนการบำบัด โดยการเติมอากาศเพื่อไล่ก๊าซ เพิ่มออกซิเจนให้ไขมันลอยตัว ฯลฯ

**preliminary treatment** – การบำบัดขั้นเตรียมการ

**primary sludge** – สลัดจ์ขั้นต้น: สลัดจ์ที่ได้จากถังตกตะกอนขั้นต้น

**primary treatment** – การบำบัดขั้นต้น: การบำบัดขั้นสำคัญขั้นแรก (และอาจเป็นขั้นเดียว) ในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปมักเป็นการตกตะกอนหรือการกรองหยาบ

**pump characteristic curve** – เส้นโค้งลักษณะเครื่องสูบน้ำ: เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกันของความเร็วการไหล เฮด อัตราไหล กำลังม้า และประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

**rainfall intensity** – ความเข้มฝน: ปริมาณน้ำฝนที่ตกในหนึ่งหน่วยเวลา ปกติมีหน่วยเป็น นิ้ว/ชั่วโมง หรือมิลลิเมตร/ชั่วโมง

**rational method** – วิธีหลักเหตุผล: วิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่รับน้ำ โดยคำนวณจากผลคูณของความเข้มฝนและขนาดของพื้นที่รับน้ำฝน

**raw sludge** – สลัดจ์ดิบ: สลัดจ์ในถังตกตะกอนที่ถูกนำออกมาในช่วงที่ยังไม่เกิดการเน่าเปื่อย โดยทั่วไปหมายถึงสลัดจ์ที่ยังไม่ถูกย่อย

**recurrence interval** – คาบอุบัติ, ดู return period

**residual chlorine** – คลอรีนคงเหลือ: ปริมาณคลอรีนที่ยังเหลืออยู่ในน้ำ ทั้งในรูปคลอรีนอิสระหรือสารประกอบคลอรีน น้ำประปาที่มีคลอรีนคงเหลือในช่วง 0.2 - 0.5 มก./ล. ถือว่าเป็นน้ำที่มีความสะอาดพอสำหรับดื่ม

**return period** – คาบอุบัติ: ช่วงเวลาโดยเฉลี่ยของเหตุการณ์ที่ฝนตกในปริมาณที่เท่ากันหรือมากกว่าที่กำหนด มีโอกาสจะเกิดซ้ำ

**returned sludge** – สลัดจ์สูบกลับ: สลัดจ์ที่สูบกลับมาเข้าถังเติมอากาศ

**reverse osmosis, RO** – อาร์โอ, ออสโมซิสผันกลับ: กระบวนการกำจัดสิ่งปะปนในน้ำ เช่น เกลือ โดยการอัดผ่านเยื่อบาง (membrane)

**rotating biological contactor, RBC** – อาร์บีซี, ชุดสัมผัสหมุนชีวภาพ: ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ตัวกลางทรงกระบอก หมุนตามแกนแนวนอน จุ่มอยู่ในถังที่น้ำเสียไหลเข้ามา จุลินทรีย์ที่เกาะอาศัยบนผิวตัวกลางจะได้รับออกซิเจนในจังหวะที่ตัวกลางหมุนขึ้นพ้นน้ำ

**runoff** – น้ำท่า, น้ำไหลนอง: ส่วนหนึ่งของน้ำฝนที่ไม่ได้ถูกดูดซึมลงในชั้นดิน แต่ไหลลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ภายหลังจากผ่านการระเหย การคายน้ำ การเก็บกัก และการสูญเสียอื่น ๆ

**runoff coefficient** – สัมประสิทธิ์น้ำท่า, สัมประสิทธิ์น้ำไหลนอง: อัตราส่วนระหว่างอัตราไหลสูงสุดของน้ำท่าต่ออัตราการตกเฉลี่ยของน้ำฝนภายในระยะเวลาที่เท่ากับหรือมากกว่าเวลาของการไหลรวม

**screen** – ตะแกรง: เครื่องมือที่ใช้กรองสารแขวนลอยขนาดใหญ่ต่าง ๆ ในน้ำและน้ำเสีย; เครื่องมือที่ใช้คัดแยกขนาดสารที่มีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ เช่น ทราาย หินคลุก ดิน

**scum** – ฝ้าไข: สารน้ำหนักเบาที่ลอยอยู่บนผิวน้ำในถังบำบัด

**secondary treatment** – การบำบัดขั้นสอง: การบำบัดน้ำเสียหลังจากผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว แต่ในบางกรณีอาจบำบัดน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดขั้นเตรียมการโดยตรง

**secondary sludge** – สลัดจ์ขั้นสอง: สลัดจ์ส่วนเกิน (excess sludge) จากกระบวนการบำบัดขั้นสอง

**sedimentation** – การตกตะกอน

**selector** – ถังคัดพันธุ์: ถังปฏิกรณ์สำหรับคัดชนิดของจุลินทรีย์ที่ต้องการในระบบบำบัดน้ำเสีย

**self-cleansing velocity** – ความเร็วล้างตัวเอง: ความเร็วต่ำสุดของการไหลในท่อที่ตะกอนถูกพัดผ่านไปได้ โดยไม่มีการตกจม

**separate sewer** – ท่อระบายแยก: ท่อระบายสำหรับรับน้ำเสียโดยเฉพาะ ไม่รับน้ำฝนหรือน้ำผิวดินอื่น ๆ เรียกอีกอย่างว่า sanitary sewer

**separate sewer system** – ระบบระบายแยก: ระบบระบายที่แยกเป็นระบบระบายน้ำเสียกับระบบระบายน้ำฝน

**septic** – เชื้อปดิก, สภาพเน่าดำ: สภาพเน่าเหม็นของน้ำภายใต้สภาวะไร้อากาศ

**sequencing batch reactor, SBR** – เอสบีอาร์, ถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ

**sharp-crested rectangular weir** – ฝายสี่เหลี่ยม (ฟันผ้า) แบบสันคม: ฝายที่มีการบากร่องให้น้ำไหลผ่านเป็นรูปสี่เหลี่ยมฟันผ้าและมีสัน (ฝาย) บาง ซึ่งมักจะเป็นโลหะ

**short-circuiting** – การไหลลัดวงจร: สภาวะของการไหลที่เกิดขึ้นในบางส่วนของถัง ทำให้น้ำส่วนนั้นไหลผ่านถังเร็วกว่าปกติ

**skimmer** – เครื่องกวาดฝ้าไข

**sludge bed** – ลานตากสลัดจ์: ลานซึ่งมีชั้นทรายหรือวัสดุพูนอื่น สำหรับระบายสลัดจ์จากถังตกตะกอนเพื่อตากให้แห้งและนำไปกำจัดต่อไปภายหลัง

**sludge conditioning** – การปรับสภาพสลัดจ์: การปรับสภาวะสลัดจ์ให้เหมาะสมก่อนจะนำไปบำบัดในขั้นต่อไป มักปรับโดยเติมสารเคมีที่ทำให้สลัดจ์ รวมตัวกันเข้มข้นขึ้นและรีดน้ำง่ายขึ้น

**sludge dewatering** – การแยกน้ำจากสลัดจ์, การรีดน้ำสลัดจ์: กระบวนการลดปริมาณน้ำออกจากสลัดจ์ โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การกรอง การระเหย การอัด การหมุนเหวี่ยง การดูดออก การบีบด้วยลูกกลิ้ง การทำให้ลอยโดยใช้กรดหรือการทำให้ลอยโดยใช้อากาศ

**sludge disposal** – การกำจัดสลัดจ์

**sludge stabilization** – การปรับเสถียรสลัดจ์: การทำให้สลัดจ์มีเสถียรภาพ โดยวิธีชีวภาพหรือเคมีหรือความร้อน เพื่อฆ่าเชื้อโรค กำจัดกลิ่น และความเน่าของสลัดจ์

**sludge thickening** – การทำข้นสลัดจ์

**sludge treatment** – การบำบัดสลัดจ์: กระบวนการการทำให้สลัดจ์อยู่ในสภาพที่ไม่เป็นมลพิษ หรือให้มีความคงตัว ซึ่งจะไม่เน่าเหม็นเมื่อนำไปกำจัดในขั้นตอนสุดท้าย เช่น การนำไปถมที่ การนำไปปรับสภาพดิน เป็นต้น

**social impact assessment** – การประเมินผลกระทบต่อสังคม, เอสไอเอ

**soil conditioner** – สารปรับสภาพดิน: สารที่สามารถปรับสภาพดินให้ร่วนมีอิทธิพลเหมาะสมแก่การเพาะปลูก

**solids loading rate** – อัตราภาระของแข็ง: อัตราการป้อนปริมาณของแข็งเข้าหน่วยบำบัดหนึ่ง ๆ มีหน่วยเป็น กก.ของแข็งต่อ ลบ.ม. - วัน หรือต่อ ตร.ม. - วัน

**stabilization pond, SP** – บ่อปรับเสถียร: เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพซึ่งไม่มีการเติมออกซิเจน

**static head** – เฮดสถิต: ผลต่างระหว่างระดับผิวน้ำที่ต้องการสูบกับระดับผิวของน้ำจุดปล่อย

**static mixer** – เครื่องผสมสถิต: เครื่องผสมน้ำยาเคมี โดยไม่มีเครื่องมือกลในการกวนผสม เช่น inpipe mixer

**storm drain** – ท่อระบายน้ำฝน

**storm drain system** – ระบบระบายน้ำฝน

**submerged orifice** – ออร์ฟิไซด์น้ำ: รูที่จมอยู่ใต้น้ำสำหรับน้ำไหลเข้าหรือออก

**submerged turbine aerator** – เครื่องเติมอากาศกังหันจมน้ำ

**sump** – บ่อพัก: ถังหรือบ่อที่รับน้ำและเก็บไว้ชั่วคราวก่อนถูกสูบหรือขจัดทิ้ง; ถังหรือบ่อที่รับของเหลว

**surface aerator** – เครื่องเติมอากาศผิวน้ำ: เครื่องเติมอากาศชนิดที่ใช้ใบพัดหรือใบพายดึงหรือตีน้ำให้กระจายไปในอากาศ

**surface overflow rate** – อัตราน้ำล้นผิว: ค่ากำหนดในการออกแบบถังทำใสมีหน่วยเป็น ลบ.ม./ตร.ม. - วัน

**system head capacity curve** – เส้นโค้งเฮดของระบบ: ความสัมพันธ์ระหว่างเฮดทั้งหมด (total head) ของระบบต่อหลักความดันกับอัตราไหลต่าง ๆ

**tip speed** – อัตราเร็วปลายสุด

**time of concentration;  $t_c$**  – เวลารวมตัวของน้ำท่า, ระยะเวลาการไหลน้ำท่า, เวลาหับว่าฝน

ตก: ช่วงเวลาที่น้ำฝนไหลจากจุดไกลสุดจากพื้นที่ระบายน้ำมายังจุดที่พิจารณาออกแบบท่อระบาย

**trapezoidal weir** – ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู

**trickling filter, TF** – (ระบบ) ไพรยกรอง: เครื่องกรองประกอบด้วยชั้นตัวกลาง เช่น ก้อนหินหรือพลาสติก สำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะอาศัย น้ำเสียจะถูกไพรยกระจายเป็นหยดผ่านตัวกลางนี้บีโอดีจะถูกกำจัดไปโดยจุลินทรีย์ที่เกาะติดกับตัวกลาง

**trunk sewer** – ท่อระบายใหญ่: ท่อระบายน้ำขนาดใหญ่ซึ่งรับน้ำเสียจากท่อสาขา (หรือท่อระบายแขนง) ในพื้นที่บริเวณกว้าง, ดู main sewer

**unit processes** – กระบวนการหน่วย: วิธีการบำบัดน้ำเสียทางเคมีหรือชีวภาพ เช่น กระบวนการเอเอส การฆ่าเชื้อโรค

**upflow anaerobic sludge blanket, UASB** – ยูเอเอสบีชั้นสลัดจ์แอนแอโรบิกแบบไหลขึ้น: วิธีบำบัดน้ำเสียชนิดหนึ่งโดยการสร้างมวลจุลินทรีย์แบบแอนแอโรบิกที่มีลักษณะเป็นเม็ดตะกอนให้เข้มข้นมาก ๆ ในชั้นสลัดจ์ด้านล่างของถังและให้น้ำเสียไหลขึ้นผ่านชั้นสลัดจ์นี้

**velocity head** – เฮดความเร็ว: ค่าความสูงของน้ำที่เทียบได้จากความเร็วยกกำลังสองหารด้วยสองเท่าของอัตราเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก

**velocity gradient** – ความลาดชันความเร็ว, เกรียนต์ความเร็ว: สภาวะที่มีความเร็วต่างกันในมวลของน้ำหนึ่ง ๆ

**V-notch weir** – ฝายบากร่องตัววี

**wastewater characteristic** – ลักษณะน้ำเสีย

**wastewater collecting system** – ระบบรวบรวมน้ำเสีย, ระบบลำเลียงน้ำเสีย: ระบบทางน้ำ (ท่อ, อุโมงค์) ที่ใช้ในการส่งน้ำเสียจากหลาย ๆ แหล่งไปยังจุดรวม จุดนี้อาจเป็นบ่อสูบหรือทางน้ำเข้าของท่อประธาน

**watershed** – พื้นที่รับน้ำ: บริเวณที่รับน้ำท่าลงมาสู่ลำน้ำ

**weir** – เวียร์, ฝาย

**weir loading rate** – อัตราภาระฝาย: อัตราป้อนน้ำเข้าต่อหน่วยความยาวของเวียร์หรือฝาย มีหน่วย



เป็น ลบ.ม./ม.-วัน

**wet weather flow** – อัตราไหลหน้าฝน, อัตราไหลขณะฝนตก: ปริมาณน้ำเสียในท่อระบายในหน้าฝน

**wet well** – บ่อเปียก: บ่อที่รวบรวมน้ำและมีเครื่องสูบน้ำจุ่มแช่อยู่หรือมีท่อดูดของเครื่องสูบน้ำซึ่งตั้งอยู่ในบ่อแห้ง (dry well)

**yield coefficient** – สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิต: ค่าที่ใช้บ่งชี้ถึงอัตราการผลิตเซลล์ใหม่ ซึ่งหมายถึงปริมาณการผลิตเซลล์ใหม่ มีหน่วยเป็นกรัมของเซลล์ใหม่/กรัมบีโอดีที่ถูกจัดไป